M-me Склодовская-Кюри.

№ 105
264

ИЗСЛѢДОВАНІЯ

НАДЪ

РАДІОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ.

Переводъ со второго изданія сочиненія
«Recherches sur les substances radioactives par M-me Sklodovska-Curie».

П. М. Факторовича.

Съ 14 фигурами.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе К. Л. Риккера.
Невскій просп., № 14.
1904.

Изданія К. Л. Риккера въ С.-Петербургѣ.

Невскій проспектъ, № 14.

Начальное руководство къ самостоятельному изученію высшей математики и механики. Составилъ профессоръ **Н. Б. Делоне.** Съ 321 фигурой въ текстѣ. 1900. Цѣна 4 р. 20 к.

Дифференціальное и интегральное исчисленія съ приложеніями къ анализу и геометріи. Составилъ **А. Пароменскій.** 2 испр. изд. Съ 56 фиг. 1901. Ц. 4 р., въ изящн. пер. 4 р. 80 к.

Высшая математика въ примѣненіи къ вопросамъ естествознанія проф. **А. Фурмана.** Перев. съ нѣм. подъ редак. проф. **Н. А. Гезехуса.** Съ 101 чертежами. 1903. Цѣна 3 р. 20 к., въ переплетѣ 4 р.

Въ Инженерномъ журналѣ 1893 г. проф. К. Л. Кирпичевъ помѣстилъ отзывъ о 1 нѣмецкомъ изданіи этого сочиненія, изъ котораго мы приводимъ: Съ особеннымъ удовольствіемъ рекомендуемъ эту книгу начинающимъ заниматься дифференціальнымъ исчисленіемъ; она смѣло поддержитъ ту цѣль, которую поставилъ себѣ авторъ въ предисловіи: она навѣрное внушитъ любовь къ занятіямъ, возбудитъ интересъ читателя и доставитъ полное удовлетвореніе и радость въ работѣ. Пожелаемъ возможно большаго распространенія этой драгоцѣнной книгѣ.

Популярныя рѣчи профессора **Г. Гельмгольца.** Пер. съ нѣм. подъ редакц. **О. Д. Хвольсона** и **С. Я. Терешина.** 2 пересмотр. и исправл. изданія. Часть I. Съ 19 рисунк. и 1 портретомъ. 1898. Цѣна 1 руб. Часть II. Съ 30 рис. 1899. Ц. 1 руб.

Содержаніе: I часть: О взаимодѣйствіи силъ природы. — О сохраненіи силы. — О цѣли и объ успѣхахъ естествознанія. — Современное развитіе взглядовъ Фарадэя на электричество. II часть: О зрѣніи человѣка. — Новѣйшіе успѣхи теоріи зрѣнія. — Вихревыя бури и грозы. — Возникновеніе планетной системы.

Микроскопъ. Руководство для научной микроскопіи профессора **А. Циммермана.** Переводъ съ нѣмецкаго д-ра А. Ильина. Съ 241 рис. 1896. Ц. 3 р. 50 к.

Зависимости между физическими и химическими свойствами и составомъ. J. H. Van't Hoff. Переводъ подъ редакціей прив.-доц. В. А. Кистяковскаго, съ рисунками. 1903. Цѣна 1 р. 20 к.

Диссоціація и превращеніе химическихъ атомовъ I. Штарка. Перев. съ нѣмецкаго В. С. Игнатовскаго. 1904 г. Цѣна 50 к.

Курсъ физики проф. **О. Д. Хвольсона.** Томъ I. Введеніе. — Механика. — Нѣкоторые, измѣрительные приборы и способы измѣренія. — Ученія о газахъ, жидкостяхъ и твердыхъ тѣлахъ. 2-е пересмотрѣнное и дополненное изданіе. Съ 396 рис. 1900. Цѣна 5 р. Томъ II. Ученіе о звукѣ (акустика). — Ученіе о лучистой энергіи. 2-е соверш. переработ. и значительно дополн. изданіе. Съ 613 рис. 1904. Цѣна 5 руб. Томъ III. Ученіе о теплотѣ. Съ 230 рис. 1899. Цѣна 5 руб., въ изящномъ переплетѣ на 80 к. дороже.

801-13
1482

M-me Склодовская-Кюри.

ИЗСЛѢДОВАНІЯ

НАДЪ

РАДІОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ.

Переводъ со второго изданія сочиненія
«Recherches sur les substances radioactives par M-me Sklodovska-Curie».

П. М. Факторовича.

Съ 14 фигурами.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе К. Л. Риккера.
Невскій просп., № 14.
1904.

M-me Склодовская-Кюри.

801-13
1482

ИЗСЛѢДОВАНІЯ

НАДЪ

РАДІОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ.

Переводъ со второго изданія сочиненія
«Recherches sur les substances radioactives par M-me Sklodovska-Curie».

П. М. Факторовича.

Съ 14 фигурами.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе К. Л. Риккера.
Невскій просп., № 14.
1904.

Дозволено цензурою. СПб., 13 марта 1904 г.

2011123565

«Новая Типо-Литографія», Волынскій пер., № 4.

Изслѣдованія надъ радіоактивными веществами.

ВВЕДЕНІЕ.

Въ настоящей работѣ я имѣла цѣлью изложить результаты моихъ четырехлѣтнихъ изслѣдованій надъ радіоактивными веществами. Я начала свои изслѣдованія съ изученія урановыхъ лучей, открытыхъ Беккерелемъ, и пришла къ такимъ интереснымъ выводамъ, что г-нъ Кюри оставилъ свои работы и присоединился ко мнѣ. Съ тѣхъ поръ мы вмѣстѣ занимаемся добываніемъ новыхъ радіоактивныхъ веществъ.

Въ самомъ началѣ нашихъ изслѣдованій, мы предложили образцы открытыхъ и приготовленныхъ нами веществъ нѣкоторымъ физикамъ, главнымъ образомъ Беккерелю, которому наука обязана открытіемъ урановыхъ лучей. Мы облегчили такимъ образомъ работы другихъ изслѣдователей надъ новыми радіоактивными веществами.

Послѣ того, какъ были опубликованы результаты нашихъ первыхъ изслѣдованій, Гизель (въ Германіи) занялся приготовленіемъ этихъ веществъ и предложилъ нѣсколько образцовъ нѣмецкимъ ученымъ. Вещества эти вскорѣ появились въ продажѣ во Франціи и Германіи, а возбужденный ими интересъ вызвалъ и продолжаетъ вызывать цѣлый рядъ изслѣдованій надъ радіоактивными тѣлами. Этотъ вопросъ видоизмѣняется съ каждымъ днемъ, благодаря появленію все новыхъ и новыхъ, французскихъ и иностранныхъ изслѣдованій.

Несмотря на это можно считать доказаннымъ существованіе новаго радіоактивнаго элемента: радія. Главная

часть моего личнаго труда заключалась въ приготовленіи чистаго хлористаго радія и опредѣленіи атомнаго вѣса радія. Радій интересенъ не только какъ новый элементъ съ замѣчательными свойствами. Онъ интересенъ еще въ томъ отношеніи, что открываетъ новый методъ химическихъ изслѣдованій. Этотъ методъ, основанный на радіоактивности, какъ атомическомъ свойствѣ матеріи, далъ возможность г-ну Кюри и мнѣ открыть существованіе радія.

Если можно считать этотъ вопросъ рѣшеннымъ съ химической точки зрѣнія, то этого нельзя сказать относительно физическихъ свойствъ радіоактивныхъ веществъ. Съ физической точки зрѣнія выяснены только нѣкоторыя стороны этого вопроса, тогда какъ другія носятъ временный характеръ. Это обстоятельство понятно, если принять въ соображеніе сложность радіоактивныхъ явленій и различія, существующія между разными радіоактивными веществами.

Изслѣдованія многихъ физиковъ постоянно соприкасаются между собой и я вынуждена поэтому изложить, кромѣ своихъ собственныхъ, результаты другихъ важныхъ работъ.

Мнѣ хотѣлось-бы кромѣ того сдѣлать изъ своего труда монографію о современномъ состояніи этого вопроса.

Свои изслѣдованія я производила въ лабораторіяхъ Парижской Школы Промышленной Физики и Химіи съ разрѣшенія бывшаго директора Школы Шютценбергера и нынѣшняго директора Лотъ. Считаю пріятнымъ долгомъ выразить имъ свою признательность за оказанное мнѣ гостепріимство.

ИСТОРИЧЕСКІЙ ОЧЕРКЪ.

Открытіе явленій радіоактивности связано съ изслѣдованіями, производившимися со времени открытія Рентгеновыхъ лучей надъ фосфоресцирующими и флюоресцирующими веществами.

Первыя трубки, производившія Рентгеновы лучи, представляли собою трубки безъ металлическаго антикатода. Источникъ Рентгеновыхъ лучей находился на стѣнкѣ стекла, на которую падали катодные лучи; эта стѣнка казалась въ то же время флюоресцирующей. Можно было задаться тогда вопросомъ, не сопровождается ли всякая флюоресценція испусканіемъ Рентгеновыхъ лучей. Этотъ взглядъ былъ впервые формулированъ А. Пуанкаре [1]).

Спустя короткое время Анри получилъ фотографическіе снимки черезъ черную бумагу при помощи фосфоресцирующаго сѣрнистаго цинка [2]). Такихъ-же результатовъ добился Нивенгловскій помощью сѣрнистаго кальція, выставленнаго на свѣтъ [3]). Наконецъ Тростъ получилъ отчетливые фотографическіе снимки при посредствѣ искусственной фосфоресцирующей гексагональной цинковой обманки, дѣйствующей сквозь черную бумагу и толстый картонъ [4]).

Всѣ эти опыты нельзя было воспроизвести, несмотря на многочисленныя попытки, сдѣланныя въ этомъ направленіи.

Нельзя, очевидно, считать доказаннымъ испусканіе подъ вліяніемъ свѣта сѣрнистымъ цинкомъ и сѣрнистымъ кальціемъ невидимыхъ лучей, проникающихъ черезъ черную бумагу и дѣйствующихъ на фотографическія пластинки.

Аналогичные опыты были произведены Беккерелемъ надъ урановыми солями, изъ которыхъ нѣкоторыя обнаруживаютъ флюоресценцію [5]). Онъ получилъ фотографическіе снимки сквозь черную бумагу при помощи двойной сѣрнокислой соли урана и калія.

Беккерель подумалъ сначала, что эта флюоресцирующая соль сравнима съ сѣрнистымъ цинкомъ и сѣрнистымъ кальціемъ въ опытахъ Анри, Нивенгловскаго и Троста.

Но послѣдующіе опыты показали ему, что онъ имѣетъ дѣло не съ флюоресценціей, а съ явленіемъ другого рода. Онъ убѣдился, что уранъ и его соединенія дѣйствуютъ и тогда, когда они не освѣщены и притомъ совершенно такъ-же, какъ и подъ вліяніемъ свѣта, причемъ металлическій уранъ наиболѣе дѣятеленъ. Помѣщая урановыя соединенія въ совершенную темноту, онъ замѣтилъ, что

---

[1]) Revue générale des Sciences, 30 Janvier 1896.
[2]) Comptes rendus, t. CXXII, p. 312.
[3]) Comptes rendus, t. CXXII, p. 386.
[4]) Comptes rendus, t. CXXII, p. 564.
[5]) Becquerel, Comptes rendus, 1896 (plusieurs notes).

они продолжаютъ дѣйствовать на фотографическія пластини сквозь черную бумагу въ теченіе многихъ лѣтъ. Беккерель предположилъ, что уранъ и его соединенія испускаютъ особые урановые лучи. Ему удалось доказать, что эти лучи могутъ проникать сквозь тонкіе металлическіе экраны и разряжаютъ наэлектризованныя тѣла. Изъ многочисленныхъ опытовъ онъ вывелъ заключеніе, что урановые лучи обладаютъ способностью отраженія, преломленія и поляризаціи.

Работы другихъ физиковъ (Эльстера и Гайтеля, лорда Кельвина, Шмидта, Рутерфорда, Беатти и Смолуховскаго) подтвердили и обогатили результаты изслѣдованій Беккереля, кромѣ того, что относится къ отраженію, переломленію и поляризаціи урановыхъ лучей. Послѣдніе похожи въ этомъ отношеніи на Рентгеновы лучи, какъ это было доказано Рутерфордомъ и признано самимъ Беккерелемъ.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Радіоактивность урана и торія.
Радіоактивные минералы.

Лучи Беккереля.—Урановые лучи, открытые Беккерелемъ, дѣйствуютъ на фотографическія пластинки въ отсутствіи свѣта; они проникаютъ всѣ твердыя, жидкія и газообразныя тѣла въ томъ случаѣ, если послѣднія обладаютъ достаточно малой толщиной; проникая черезъ газы, лучи дѣлаютъ ихъ электропроводными [1]). Эти свойства урановыхъ соединеній не обусловливаются внѣшними причинами. Лучеиспусканіе имѣетъ характеръ произвольный; интенсивность его не уменьшается даже въ томъ случаѣ, когда урановыя соединенія сохраняются въ темнотѣ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ. Очевидно, что это явленіе нельзя сравнить съ фосфоресценціей, которая, какъ извѣстно, находится въ зависимости отъ свѣта. Произвольность и постоянство урановаго лучеиспусканія представляютъ собой необыкновенное физическое явленіе. Беккерель сохранялъ кусокъ урана въ темнотѣ въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ и убѣдился, что его дѣйствіе на фотографическую пластинку мало измѣнилось за это время. Эльстеръ и Гайтель произвели подобный опытъ и также нашли, что его дѣйствіе — постоянное [2]).

Я измѣрила интенсивность лучеиспусканія урана, пользуясь съ этой цѣлью дѣйствіемъ лучеиспусканія на проводимость воздуха. Дальше будетъ изложенъ методъ, которымъ я пользовалась для этихъ измѣреній; послѣднія дали числа, показавшія постоянство лучеиспусканія въ предѣлахъ точности опыта, т. е. съ точностью 0,02 — 0,03 [3]).

Эти измѣренія производились при помощи металлическаго диска, покрытаго слоемъ урана въ порошкѣ. (Дискъ не сохранялся въ темнотѣ, такъ какъ опытъ доказалъ, что это не необходимо).

[1]) Becquerel. Comptes rendus, 1896 (plusieurs Notes).
[2]) Becquerel, Comptes rendus, t. CXXVIII, p. 771. — Elster et Geitel, Beibl., t. XXI, p. 455.
[3]) M-me Curie. Revue générale des Sciences, janvier 1899.

Такимъ путемъ было произведено множество измѣреній и въ настоящее время намъ извѣстны результаты измѣреній за промежутокъ времени въ пять лѣтъ.

Нѣкоторые изслѣдователи занялись вопросомъ, нѣтъ-ли другихъ веществъ, обладающихъ такими свойствами, какъ соединенія урана. Шмидтъ впервые опубликовалъ свои изслѣдованія надъ торіемъ и его соединеніями, давшими аналогичные результаты [1]). Подобныя же наблюденія я опубликовала нѣсколько позже, не зная еще ничего о работѣ Шмидта [2]). Можно сказать, что уранъ и торій и ихъ соединенія испускаютъ Беккерелевы лучи. Я назвала радіоактивностью способность испускать такіе лучи и создала новый терминъ, принятый съ тѣхъ поръ въ наукѣ [3]).

Своими фотографическими и электрическими свойствами Беккерелевы лучи напоминаютъ Рентгеновы лучи. Какъ тѣ, такъ и другіе обладаютъ способностью проникать черезъ всякое вещество, но въ различной степени. Лучи урана и торія задерживаются твердыми веществами толщиною въ нѣсколько миллиметровъ, а въ воздухѣ они распространяются на нѣсколько сантиметровъ. Это относится по крайней мѣрѣ къ большой части этихъ лучей. Изслѣдованія нѣкоторыхъ физиковъ и въ особенности Рутерфорда показали, что Беккерелевы лучи неспособны къ правильному отраженію, преломленію и поляризаціи [4]).

Слабое прониканіе урановыхъ и торіевыхъ лучей приближаетъ ихъ скорѣе къ второстепеннымъ лучамъ, вызываемымъ Рентгеновыми лучами и изученнымъ Саньякомъ [5]).

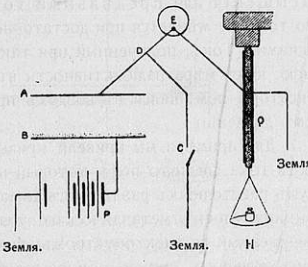
Беккерелевы лучи напоминаютъ также катодные лучи, распространяющіеся въ воздухѣ и называемые Ленардовыми лучами.

Измѣреніе интенсивности лучеиспусканія. — Упомянутый мною методъ состоитъ въ томъ, чтобы измѣрить проводимость, пріобрѣтенную воздухомъ въ присутствіи радіоактивныхъ веществъ. Онъ обладаетъ тѣмъ преимуществомъ, что скоро даетъ числа, которыя можно сравнить другъ съ другомъ. Аппаратъ, которымъ я пользовалась, состоитъ изъ конденсатора съ дисками A и B (рис. 1). Радіоактивное вещество въ порошкѣ насыпано на дискъ B и дѣлаетъ проводникомъ воздухъ, находящійся между дисками. Чтобы измѣрить проводимость, дискъ B поднимается на высшій

[1]) Schmidt, Wied. Ann., t. LXV, p. 141.
[2]) M-me Curie, Comtes rendus, avril 1898.
[3]) P. Curie et M-me Curie, Comtes rendus, 18 juillet 1898.
[4]) Rutherford, Phil. Mag., janvier 1899.
[5]) Sagnac, Comtes rendus, 1897, 1898, 1899 (нѣсколько замѣтокъ).

потенціалъ путемъ соединенія его съ однимъ изъ полюсовъ P батареи изъ маленькихъ аккумуляторовъ, тогда какъ другой полюсъ соединенъ съ землею. Между обоими дисками устанавливается электрическій токъ, такъ какъ дискъ A поддерживается на потенціалѣ земли проволокой CD. Потенціалъ диска A указывается электрометромъ E. Прерывая въ C сообщеніе съ землей, мы заряжаемъ дискъ A; этотъ зарядъ отклоняетъ электрометръ. Скорость отклоненія пропорціональна интенсивности тока и можетъ быть измѣрена.

Рис. 1.



Лучше произвести измѣреніе путемъ компенсаціи заряда диска A такимъ образомъ, чтобы держать электрометръ на нулѣ. Здѣсь идетъ рѣчь о крайне слабыхъ зарядахъ; они могутъ компенсироваться при помощи пьезо-электрическаго кварца Q, одна оправа котораго связана съ дискомъ A, а другая съ землею. Пластинка кварца подвергается опредѣленному растяженію посредствомъ гирь, помѣщенныхъ на чашку π; это растяженіе устанавливается постепенно и постепенно освобождаетъ опредѣленное количество электричества въ опредѣленный промежутокъ времени. Можно такъ регулировать опытъ, чтобы извѣстное количество электричества, проходящее черезъ конденсаторъ, компенсировалось противоположнымъ электричествомъ, которое доставляетъ кварцъ [1]). Такимъ путемъ можно измѣрить интенсивность тока, т. е. абсолютное количество электричества, проходящее черезъ конденсаторъ въ опредѣленный промежутокъ времени. Измѣреніе совершенно независимо отъ чувствительности электрометра.

Если произвести извѣстное количество такихъ измѣреній, то можно убѣдиться, что радіоактивность можетъ быть измѣрена съ большой точностью. Она мало мѣняется съ температурой и остается почти нечувствительной къ колебаніямъ окружающей тем-

[1]) Легко придти къ такому результату, если поддерживать гири въ рукѣ и постепенно взвѣшивать ихъ на чашкѣ π такимъ образомъ, чтобы поддерживать электрометръ на нулѣ. Путемъ навыка можно достигнуть извѣстной ловкости въ этомъ отношеніи. Этотъ методъ измѣренія слабыхъ токовъ былъ описанъ г-номъ Кюри въ его диссертаціи.

пературы, а освѣщеніе активнаго вещества не оказываетъ на нее никакого вліянія. Интенсивность тока, проходящаго черезъ конденсаторъ, возрастаетъ съ увеличеніемъ поверхности диска. Для опредѣленнаго конденсатора и опредѣленнаго вещества токъ возрастаетъ съ различіемъ въ потенціалѣ дисковъ, съ давленіемъ газа, наполняющаго конденсаторъ, и съ разстояніемъ дисковъ (если это разстояніе не очень велико по отношенію къ діаметру). Но при большихъ различіяхъ въ потенціалѣ, токъ приближается къ величинѣ, которую на практикѣ считаютъ постоянной. Это — токъ насыщенія или предѣльный токъ. Точно также извѣстно, что токъ не мѣняется при достаточно большомъ разстояніи между дисками. Токъ, полученный при такихъ условіяхъ, былъ принятъ мною, какъ мѣра радіоактивности въ моихъ изслѣдованіяхъ (конденсаторъ помѣщался въ воздухѣ при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи).

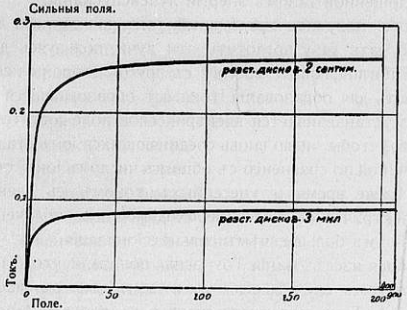
Для примѣра мы привели кривыя, представляющія интенсивность тока средняго поля, который проходитъ между дисками на двухъ разстояніяхъ различныхъ дисковъ. Дискъ B былъ покрытъ тонкимъ слоемъ металлическаго урана въ порошкѣ, а дискъ A, соединенный съ электрометромъ, былъ снабженъ предохранительнымъ кольцомъ.

Рис. 2 показываетъ, что интенсивность тока становится постоянной при большихъ различіяхъ въ потенціалѣ дисковъ. Рис. 3 представляетъ тѣ-же кривыя другой скалы и заключаетъ результаты, относящіеся къ слабымъ различіямъ въ потенціалѣ. Въ своемъ началѣ кривая имѣетъ прямолинейную форму; частное отъ дѣленія интенсивности тока на различіе въ потенціалѣ постоянно для слабыхъ напряженій и представляетъ начальную проводимость между дисками. Очевидно, что данное явленіе позволяетъ различать двѣ характерныя постоянныя величины: 1) начальную проводимость при слабыхъ различіяхъ потенціала; 2) предѣльный токъ для большихъ различій потенціала. Предѣльный токъ принятъ въ наукѣ, какъ мѣра радіоактивности.

Кромѣ различія въ потенціалѣ дисковъ, между послѣдними устанавливается электомоторная сила соприкосновенія и обѣ причины обнаруживаютъ соединенныя силы. Этимъ объясняется то обстоятельство, что абсолютная интенсивность тока мѣняется съ внѣшней разницей потенціала. Надо замѣтить, что при значительныхъ различіяхъ въ потенціалѣ, дѣйствіе электромоторной силы соприкосновенія крайне ничтожно и интенсивность тока независима тогда отъ направленія поля между дисками.

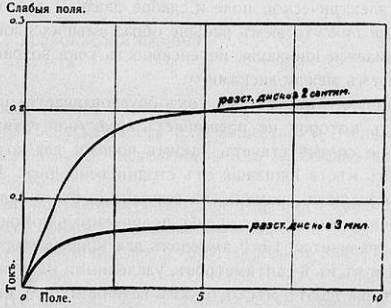
Проводимость воздуха и другихъ газовъ, подвергнутыхъ дѣйствію Беккерелевыхъ лучей, была тщательно изучена нѣкоторыми физиками [1]), въ особенности Рутерфордомъ [2]).

Рис. 2.



Законы проводимости, вызванной въ газахъ лучами Беккереля, соотвѣтствуютъ тѣмъ, которые были найдены для Рентгеновыхъ лучей. Механизмъ явленія кажется однимъ и тѣмъ-же въ обоихъ случаяхъ и теорія іонизаціи газовъ въ присутствіи Рентгеновыхъ

Рис. 3.



[1]) Becquerel, Comptes rendus, t. CXXIV, p. 800, 1897.—Kelwin, Beattie et Smolan, Nature, t. LVI, 1897.—Beattie et Smoluchowski, Phil. Mag., t. XLIII, p. 418.

[2]) Rutherford, Phil. Mag., январь 1899 г.

и Беккерелевыхъ лучей хорошо объясняетъ эти явленія. Я не могу входить здѣсь въ подробное изложеніе этой теоріи и напомню только о важнѣйшихъ результатахъ:

1. Число іонъ, образующихся въ секунду въ газѣ, пропорціонально поглощенной газомъ энергіи лучеиспусканія.

2. Чтобы получить предѣльный токъ для даннаго лучеиспусканія, надо дать газу поглотить эти лучи, пользуясь для этого достаточно поглощающей массой; съ другой стороны необходимо утилизировать для образованія тока всѣ образовавшіеся іоны. Съ этой цѣлью устанавливается электрическое поле достаточно сильное для того, чтобы число вновь соединяющихся іонъ стало крайне малой величиной по сравненію съ общимъ числомъ іонъ, образовавшихся въ то-же время и унесенныхъ токомъ къ электродамъ. Среднее электрическое поле, необходимое для полученія этого результата тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе іонизація.

Новѣйшія изслѣдованія Тоунзенда показали, что явленіе осложняется въ томъ случаѣ, если мы имѣемъ дѣло съ слабымъ давленіемъ газа. Токъ стремится сначала къ постоянному предѣлу, если возрастаетъ разница въ потенціалѣ, но, начиная съ извѣстной разницы въ потенціалѣ, токъ снова начинаетъ быстро возрастать съ полемъ. Тоунзендъ полагаетъ, что это возрастаніе зависитъ отъ новой іонизаціи, вызванной самыми іонами, когда подъ вліяніемъ электрическаго поля они достигаютъ скорости, достаточной для того, чтобы молекула газа разбилась на составляющіе ее іоны. Интесивное электрическое поле и слабое давленіе способствуютъ этой іонизаціи присутствіемъ раньше образовавшихся іонъ. Какъ только начинается іонизація, интенсивность тока возрастаетъ съ среднимъ полемъ между дисками [1]).

Очевидно, что предѣльный токъ обусловливается іонизаціей, интенсивность которой не превышаетъ извѣстной границы, такъ что насыщеніе соотвѣтствуетъ такимъ полямъ, для которыхъ не можетъ имѣть мѣста іонизація отъ столкновенія іонъ. Въ своихъ опытахъ я обращала вниманіе на выполненіе этого условія. Порядокъ величины токовъ насыщенія, получаемыхъ помощью соединеній урана, равняется 10^{-11} амперовъ для конденсатора съ дисками, діаметромъ въ 8 сантиметровъ, удаленными на 3 сантиметра. Соединенія торія даютъ мѣсто токамъ величины того-же порядка, а радіактивность окисловъ урана аналогична тому-же свойству окисловъ торія.

[1]) Townsend, Phil. Mag., 1901, 6-ая серія, т. I, стр. 198.

Радіоактивность урановыхъ и торіевыхъ соединеній.

Слѣдующія числа были получены мною для различныхъ соединеній урана; i обозначаетъ интенсивность тока въ амперахъ:

	$i \times 10^{11}$
Металлическій уранъ (съ небольшимъ содержаніемъ углерода)	2,3
Черная окись урана $U_2 O_5$	2,6
Зеленая окись урана $U_3 O_4$	1,8
Гидратъ урановой кислоты.	0,6
Уранокислый натрій	1,2
» калій	1,2
» аммоній	1,3
Сѣрнокислый уранъ	0,7
Сѣрнокислая соль урана и калія . .	0,7
Азотнокислый уранъ	0,7
Фосфорнокислая соль мѣди и урана .	0,9
Соединеніе сѣры съ окисью урана . .	1,2

Толщина слоя соединенія урана не имѣетъ большого значенія, если мы имѣемъ дѣло съ непрерывнымъ слоемъ. Это видно изъ слѣдующихъ опытовъ:

	Толщ. слоя въ миллим.	$i \times 10^{11}$
Окись урана.	0,5	2,7
» »	3,0	3,0
Уранокислый аммоній . .	0,5	1,3
» » . .	3,0	1,4

Отсюда можно вывести заключеніе, что поглощеніе урановыхъ лучей испускающимъ ихъ веществомъ очень сильно, такъ какъ дѣйствіе лучей, исходящихъ изъ глубокихъ слоевъ, весьма незначительно.

Числа, полученныя мною для торіевыхъ соединеній [1]), дали возможность обнаружить:

1. Что толщина слоя имѣетъ огромное значеніе, въ особенности для окисла.

2. Что явленіе даетъ возможность получить правильныя числа въ томъ случаѣ, если употреблять тонкій слой (напримѣръ, въ 0,25 миллиметровъ). Если-же брать толстый слой вещества

[1]) M-me Curie, Comptes rendus, апрѣль 1898 г.

(6 миллиметровъ), то получаются числа, колеблющіяся въ широкихъ предѣлахъ, особенно если имѣть дѣло съ окисломъ:

	Толщ. слоя въ миллим.	$i \times 10^{11}$
Окись торія	0,25	2,2
» »	0,5	2,5
» »	2,5	4,7
» »	3,0	5,5 (въ средн.).
» »	6,0	5,5
Сѣрнокислый торій . . .	0,25	0,8

Въ природѣ даннаго явленія лежитъ причина неправильностей, которой нѣтъ въ урановыхъ соединеніяхъ. Числа, полученныя для слоя окисла толщиною въ 6 миллиметровъ колебались между 3,7 и 7,3.

Произведенные мною опыты надъ поглощеніемъ урановыхъ и торіевыхъ лучей показали, что торіевые лучи отличаются большей проникаемостью, чѣмъ урановые лучи, причемъ наибольшей проникаемостью отличаются лучи, испускаемые толстымъ слоемъ окиси торія.

Слѣдующія числа указываютъ часть лучей, которую передаетъ алюминіевая пластинка, толщиною въ 0,01 миллиметра:

Вещество, испускающее лучи.	Часть лучей, передаваемая пластинкой.
Уранъ	0,18
Окись урана $U_2 O_5$	0,20
Уранокислый аммоній	0,20
Фосфорнокислая соль урана и мѣди .	0,21
Окись торія толщ. въ 0,25 миллим. .	0,38
» » » » 0,5 » . .	0,47
» » » » 3,0 » . .	0,70
» » » » 6,0 » . .	0,70
Сѣрнокислый торій толщ. въ 0,25 миллим.	0,38

Что касается урановыхъ соединеній, то ихъ лучи поглощаются въ одинаковой степени и это даетъ право думать, что лучи, испускаемые различными соединеніями, одинаковы по своей природѣ.

Особенности торіеваго лучеиспусканія составили предметъ многихъ изслѣдованій. Оуэнсъ [1]) показалъ, что постоянство тока

[1]) Owens, Phil. Mag., октябрь 1899 г.

достигается только спустя продолжительное время въ закрытомъ аппаратѣ, а интенсивность тока значительно ослабляется дѣйствіемъ воздушнаго тока (это не имѣетъ мѣста въ опытѣ съ урановыми соединеніями). Рутерфордъ производилъ аналогичные опыты и предположилъ, что торій и его соединенія не только испускаютъ Беккерелевы лучи, но и даютъ возможность наблюдать истеченіе крайне тонкихъ частицъ; послѣднія остаются радіоактивными въ теченіе нѣкотораго времени послѣ своего истеченія и могутъ быть увлечены токомъ воздуха [1]).

Особенности торіеваго лучеиспусканія, относящіяся къ вліянію толщины взятаго слоя и къ дѣйствію воздушныхъ токовъ, находятся въ тѣсной связи съ явленіемъ сообщенной радіоактивности и съ ея постепеннымъ распространеніемъ. Это явленіе впервые наблюдалось на радіѣ; оно будетъ описано мною нѣсколько позже.

Радіоактивность урановыхъ и торіевыхъ соединеній является атомистическимъ свойствомъ. Изъ наблюденій Беккереля мы знаемъ, что всѣ соединенія урана радіоактивны, что ихъ радіоактивность обусловливается присутствіемъ въ нихъ элемента урана, что послѣдній отличается большей активностью, чѣмъ его соли [2]). Произведенныя мною измѣренія радіоактивности урановыхъ и торіевыхъ соединеній показали, что мы имѣемъ дѣло съ атомистическимъ свойствомъ. Послѣднее связано съ присутствіемъ атомовъ урана или торія и не исчезаетъ ни отъ перемѣны физическаго состоянія, ни отъ химическихъ превращеній. Химическія соединенія и смѣси, въ которыя входитъ уранъ или торій, тѣмъ болѣе радіоактивны, чѣмъ больше въ нихъ содержаніе этихъ металловъ. Другія вещества, входящія въ данныя соединенія, дѣйствуютъ не только какъ инертныя вещества, но и какъ вещества, поглощающія лучи.

Представляетъ-ли собой атомная радіоактивность общее явленіе? Я уже сказала, что меня заинтересовалъ вопросъ, нѣтъ-ли другихъ веществъ, обладающихъ этимъ свойствомъ? Я предприняла свои изслѣдованія, будучи увѣренной въ распространенности радіоактивности, какъ атомистическаго свойства. Основываясь на произведенныхъ мною измѣреніяхъ, я позволю себѣ утверждать, что всѣ химическіе элементы (включая сюда самыя рѣдкія и гипотетическія тѣла) оказались по крайней

[1]) Rutheerford, Phil. Mag., январь 1900 г.
[2]) Becquerel, Comptes rendus, t. CXXII, стр. 1086.

мѣрѣ въ сто разъ менѣе активными, чѣмъ металлическій уранъ. Изъ распространенныхъ элементовъ я изучила по нѣсколько соединеній, а изъ рѣдкихъ — тѣ, которые можно было достать. Въ видѣ простого тѣла или соединенія я изучила слѣдующія вещества:

1. Всѣ распространенные металлы и металлоиды и нѣкоторыя рѣдкія тѣла, входящія въ составъ коллекціи Этара, въ Парижской школѣ Промышленной Физики и Химіи.

2. Слѣдующія рѣдкія тѣла: галлій, германій, неодимъ, празеодимъ, ніобій, скандій, гадолиній, эрбій, самарій и рубидій (одолженные мнѣ Демарсевмъ); итрій, иттербій и эрбій (одолженные у Юрбэна) [1].

3. Множество горныхъ породъ и минераловъ.

Въ предѣлахъ своей чувствительности аппаратъ не обнаружилъ ни одного элемента, обладающаго атомной радіоактивностью, если не считать урана и торія. Извѣстно, что влажный бѣлый фосфоръ, помѣщенный между дисками конденсатора, дѣлаетъ воздухъ проводникомъ между послѣдними [2]. Но я думаю, что его нельзя считать радіоактивнымъ на подобіе урана и торія. Дѣло въ томъ, что въ такихъ условіяхъ фосфоръ окисляется и испускаетъ свѣтовые лучи, тогда какъ радіоактивность соединеній урана и торія не связаны съ химическимъ превращеніемъ. Мы знаемъ, наконецъ, что красный фосфоръ и всѣ соединенія фосфора не обнаруживаютъ никакой радіоактивности.

Блохъ показалъ недавно, что при окисленіи въ присутствіи воздуха, фосфоръ даетъ мѣсто образованію мало подвижныхъ іонъ, которые дѣлаютъ воздухъ проводникомъ и вызываютъ сгущеніе водяныхъ паровъ [3].

Изслѣдованія послѣдняго времени склоняютъ насъ въ пользу того предположенія, что радіоактивность свойственна всѣмъ веществамъ въ очень слабой мѣрѣ [4]. Само собой разумѣется, что это предположеніе нуждается въ дальнѣйшихъ доказательствахъ.

Уранъ и торій являются элементами съ наибольшимъ атомнымъ вѣсомъ (240 и 232); они часто встрѣчаются въ однихъ и тѣхъ-же минералахъ.

---

[1] Я очень благодарна упомянутымъ ученымъ за ихъ любезность, такъ-же, какъ и Муассану, предложившему мнѣ металлическій уранъ.

[2] Elster et Geitel, Wied. Ann., 1890.

[3] Bloch, Société de Physique, 6 февраля 1903 г.

[4] Mac Lennan et Burton, Phil. Mag., іюнь 1903 г. — Strutt, Phil. Mag. іюнь 1903 г. — Lester Cooke, Phil. Mag., октябрь 1903 г.

Радіоактивные минералы. — Среди изученныхъ мною минераловъ [1] нашлись нѣкоторые активные: смоляная урановая руда, кальколитъ, аутинитъ, моназитъ, торитъ, орангитъ, желѣзогузонитъ, клевеитъ. Слѣдующая таблица даетъ въ амперахъ интенсивность (i) тока, полученнаго съ металлическимъ ураномъ и разными минералами:

	$i \times 10^{11}$
Уранъ	2,3
Іоганнгеоргенштадская смоляная урановая руда	8,3
Іоахимстальская » » »	7,0
Пзибранская » » »	6,5
Корнуэльская » » »	1,6
Клевеитъ	1,4
Кальколитъ	5,2
Аутинитъ	2,7
Разные ториты	0,1; 0,3; 0,7; 1,3; 1,4
Орангитъ	2,0
Моназитъ	0,5
Ксенотимъ	0,03
Эскинитъ	0,7
Желѣзогузонитъ, 2 образца	0,4; 0,1
Самарскитъ	1,1
Ніобитъ, 2 образца	0,1; 0,3
Танталитъ	0,02
Карнотитъ [2]	6,2

Токъ, полученный съ орангитомъ (окисью торія) варіировалъ въ зависимости отъ толщины взятаго слоя. Съ возрастаніемъ толщины отъ 0,25 миллиметра до 6 миллиметровъ, токъ возросталъ съ 1,8 до 2,3.

Всѣ радіоактивные минералы содержатъ уранъ или торій; ихъ активность не представляетъ собой ничего удивительнаго, но

---

[1] Нѣкоторые минералы были любезно одолжены мнѣ Лакруа изъ коллекціи Естественно-Историческаго Музея.

[2] Карнотитъ былъ недавно открытъ Фриделемъ и Кюманжъ. Онъ представляетъ собою ванадикислый уранъ.

нѣкоторые минералы проявляютъ необыкновенную интенсивность. Извѣстны, напримѣръ, смоляныя урановыя руды (окиси урана), радіоактивность которыхъ превышаетъ въ четыре раза активность металлическаго урана. Кальколитъ (фосфорнокислая соль мѣди и кристаллическаго урана) вдвое радіоактивнѣе урана. Аутинитъ (фосфорнокислая соль урана и извести) также активнѣе урана. Эти факты находятся въ противорѣчіи съ предыдущими взглядами, изъ которыхъ видно было, что уранъ и торій радіоактивнѣе всѣхъ другихъ минераловъ.

Для уясненія этой стороны вопроса, я приготовила искусственный кальколитъ по способу Дебрей. Этотъ способъ состоитъ въ смѣшеніи раствора азотнокислаго урана съ растворомъ фосфорнокислой мѣди въ фосфорной кислотѣ и нагрѣваніи этой смѣси до 50—60°. Спустя нѣкоторое время замѣчается образованіе кристалловъ кальколита въ жидкости [1]). Такимъ путемъ полученный кальколитъ обнаруживаетъ нормальную активность, которая въ два съ половиной раза меньше радіоактивности урана.

Изъ всего сказаннаго можно вывести заключеніе, что радіоактивность смоляной урановой руды, кальколита, аутинита обусловливается присутствіемъ въ этихъ веществахъ незначительнаго количества радіоактивнаго вещества, отличающагося отъ урана, торія и другихъ простыхъ тѣлъ. Исходя изъ этихъ соображеній, я задалась цѣлью извлечь это вещество изъ минераловъ путемъ химическаго анализа.

---

[1]) Debray, Ann. de Chimie et de Physique, 3-e série, t. LXI, p. 445.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Новыя радіоактивныя вещества.

Методъ изслѣдованія. — Изложенные въ предыдущей главѣ результаты изученія радіоактивныхъ минераловъ побудили насъ (г-на Кюри и меня) заняться извлеченіемъ новаго радіоактивнаго вещества изъ смоляной урановой руды. Нашъ методъ изслѣдованія основывался только на радіоактивности по той причинѣ, что мы не знали другихъ особенностей гипотетическаго вещества. Подобныя изслѣдованія производятся слѣдующимъ образомъ.

Измѣряется радіоактивность вещества, которое подвергается потомъ химическому анализу. Затѣмъ измѣряется радіоактивность всѣхъ веществъ, полученныхъ отъ анализа, съ тѣмъ, чтобы узнать, осталось ли радіоактивное вещество всецѣло въ одномъ или во всѣхъ продуктахъ анализа и въ какихъ пропорціяхъ? Полученныя при этомъ указанія сравниваются съ тѣми указаніями, которыя получаются путемъ спектральнаго анализа. Необходимо при этомъ замѣтить, что для полученія сравнимыхъ чиселъ необходимо измѣрить радіоактивность веществъ въ сухомъ и твердомъ видѣ.

Полоній, радій, актиній. — Произведенный нами съ помощью изложеннаго метода анализъ смоляной урановой руды далъ возможность установить существованіе въ этомъ минералѣ двухъ радіоактивныхъ, химически-различныхъ веществъ: полонія (открытаго нами) и радія, открытаго нами вмѣстѣ съ Бемономъ [1]).

Полоній представляетъ собой вещество, близкое къ висмуту съ аналитической точки зрѣнія и сопровождающее послѣдній при выдѣленіи его изъ соединеній. Висмутъ съ обильнымъ содержаніемъ полонія получается съ помощью одного изъ слѣдующихъ дробленій:

1. Возгонкой сѣрнистыхъ соединеній въ безвоздушномъ пространствѣ; радіоактивное сѣрнистое соединеніе отличается бо́льшей летучностью, чѣмъ сѣрнистый висмутъ.

---

[1]) P. Curie et M-me Curie, Comptes rendus, іюль 1898 г. — P. Curie, M-me Curie et G. Bemont, Comptes rendus, декабрь 1898 г.

2. Осажденіемъ водой азотныхъ растворовъ; осажденная основная азотнокислая соль гораздо болѣе радіоактивна, чѣмъ соль, оставшаяся въ растворѣ.

3. Осажденіемъ сѣроводородомъ раствора, содержащаго много хлористоводородной кислоты; осаждающіяся сѣрнистыя соединенія отличаются гораздо большей радіоактивностью, чѣмъ растворившаяся соль.

Радій сопровождаетъ барій при извлеченіи послѣдняго изъ смоляной урановой руды; онъ слѣдуетъ за баріемъ въ его реакціяхъ и отдѣляется отъ него благодаря разной растворимости ихъ хлористыхъ соединеній въ водѣ, въ алкогольной водѣ или въ водѣ, содержащей хлористоводородную кислоту.

Раздѣленіе хлористыхъ соединеній барія и радія совершается путемъ подверганія ихъ смѣси кристаллизаціи: хлористый радій менѣе растворимъ, чѣмъ хлористый барій.

Третье радіоактивное вещество было найдено въ смоляной урановой рудѣ Дебирномъ, который далъ ему названіе актинія [1]). Актиній сопровождаетъ нѣкоторыя тѣла изъ группы желѣза, содержащіяся въ смоляной урановой рудѣ; онъ близокъ къ торію, отъ котораго онъ не могъ быть отдѣленъ по настоящее время. Извлеченіе актинія изъ смоляной урановой руды чрезвычайно трудно въ виду того, что отдѣленія обыкновенно неполны.

Всѣ три новыя радіоактивныя вещества находятся въ смоляной урановой рудѣ въ безконечно-маломъ количествѣ.

Чтобы получить ихъ въ болѣе или менѣе значительномъ количествѣ, мы предприняли обработку нѣсколькихъ тоннъ остатковъ урановой руды. Крупная обработка совершается на заводѣ и сопровождается очисткой и концентраціей. Изъ нѣсколькихъ тысячъ килограммовъ руды можно добыть нѣсколько дециграммовъ вещества, проявляющаго необыкновенную радіоактивность въ сравненіи съ минераломъ, отъ котораго оно происходитъ. Это требуетъ, какъ мы говорили, долгаго упорнаго и дорогостоющаго труда [2]).

[1]) Debierne, Comptes rendus, октябрь 1899 г. и апрѣль 1900 г.

[2]) Мы многимъ обязаны всѣмъ тѣмъ, которые помогли намъ выполнить нашу работу. Значительную поддержку намъ оказали Маскаръ и Мишель Леви и мы считаемъ пріятнымъ долгомъ выразить имъ нашу глубокую благодарность. Намъ желательно также поблагодарить профессора Зюсса, благодаря которому австрійское правительство предложило намъ первую топку остатка руды (Іоахимстальскаго завода въ Богеміи, принадлежащаго правительству). Парижская Академія Наукъ, Общество Поощренія Національной Промышленности и анонимный жертвователь дали намъ возможность обработать значительное количество руды. Кромѣ того намъ помогъ нашъ другъ Дебирнъ, по иниціативѣ котораго Центральное Общество химическихъ продуктовъ безвозмездно обрабатывало руду. Благодаря всѣмъ этимъ учрежденіямъ, и особенно Французскому Институту, давшему намъ 20.000 франковъ, мы могли подвергнуть обработкѣ 5 тоннъ руды.

Сдѣланныя нами открытія сопровождались открытіемъ другихъ радіоактивныхъ веществъ. Гизель, Гоффманнъ и Штраусъ считаютъ вѣроятнымъ существованіе радіоактивнаго вещества, приближающагося къ свинцу по его химическимъ свойствамъ. Въ настоящее время мы еще очень мало знаемъ объ этомъ веществѣ [1]).

Изъ всѣхъ новыхъ радіоактивныхъ веществъ удалось только выдѣлить радій въ видѣ чистой соли.

Спектръ радія. Намъ казалось чрезвычайно важнымъ провѣрить гипотезу о существованіи новыхъ радіоактивныхъ элементовъ. Что касается радія, то спектральный анализъ подтвердилъ его существованіе.

Демарсэй оказался настолько любезнымъ, что взялся за изслѣдованіе новыхъ радіоактивныхъ веществъ при помощи фотографіи спектровъ искръ. Результаты спектрально-аналитическихъ изслѣдованій, произведенныхъ такимъ компетентнымъ по этому вопросу ученымъ, не оставили сомнѣнія въ результатахъ нашихъ изслѣдованій [2]).

Первые образцы хлористаго барія средней радіоактивности показали Демарсэю, кромѣ линій спектра барія, новую интенсивную линію съ длиной волны $\lambda = 381{,}47\mu\mu$ въ ультра-фіолетовой части спектра. Эту линію 381,47μμ онъ видѣлъ яснѣе въ спектрѣ болѣе радіоактивныхъ веществъ; въ послѣднемъ можно было еще различить новыя линіи, которыя можно было сравнить по интенсивности съ линіями барія.

Новая концетрація дала продуктъ, въ которомъ преобладалъ новый спектръ, а три выдающіяся линіи спектра барія указывали на существованіе этого металла въ нечистомъ видѣ. Этотъ продуктъ можетъ быть разсматриваемъ какъ почти чистый хло-

[1]) Giesel, Ber. deutsch. chem. Gesell., t. XXXIV, 1901, p 3775. — Hoffmann und Strauss, Ber. deutsch. chem. Gesell., t. XXXIII 1900 p. 3126.

[2]) Недавно сошелъ въ могилу этотъ выдающійся ученый, прославившійся своими спектральными изслѣдованіями и изученіемъ рѣдкихъ элементовъ при помощи замѣчательныхъ методовъ. Мы сохранимъ навсегда трогательное воспоминаніе о любезности, съ которой онъ согласился принять участіе въ нашей работѣ.

ристый радій. Путемъ новой очистки я получила очень чистый хлористый радій, въ которомъ едва замѣтны двѣ линіи барія.

Слѣдующій списокъ [1]) главныхъ линій радія представляетъ часть спектра между $\lambda=500,0$ и $\lambda=350,0$ тысячныхъ микрона ($\mu\mu$). Интенсивность каждой линіи выражена въ числахъ, изъ которыхъ самое большое равно 16.

λ	Интенсивность.
482,63	10
472,69	5
469,98	3
469,21	7
468,30	14
464,19	4
453,35	9
443,61	8
434,06	12
381,47	16
364,96	12

Всѣ линіи ясны и широки. Линіи: 381,47, 468,30 и 434,06 относятся къ числу самыхъ интенсивныхъ. Въ спектрѣ замѣчаются также двѣ интенсивныя туманныя полосы. Первая симметрична и простирается отъ 463,10 до 462,19 съ максимумомъ до 462,75. Вторая болѣе интенсивна и постепенно слабѣетъ у ультра-фіолетовой части; она внезапно начинается на 446,37 $\mu\mu$ и проходитъ максимумъ на 445,52; область максимума простирается до 445,34, а постепенно слабѣющая туманная полоса простирается до 439.

Въ части спектра искры наименьшей преломляемости, которая не была снята фотографическимъ путемъ, имѣется только одна значительная линія, а именно 566,5 (приблизительно); все-же она слабѣе линіи 482,63.

Общій видъ спектра напоминаетъ спектръ щелочно-земельныхъ металловъ, т. е. онъ состоитъ изъ цвѣтныхъ и нѣсколькихъ туманныхъ полосъ.

Согласно Демарсэю, радій относится къ тѣламъ съ наиболѣе чувствительной спектральной реакціей. Я пришла къ этому заключенію послѣ того, какъ первый изслѣдованный мною образецъ, содержавшій очень малое количество радія (0,02%), позволилъ

[1]) Demarçay, Comptes rendus. декабрь 1898 г., ноябрь 1899 г. и іюль 1900 г.

ясно различить линію 381,47. Мы знаемъ, что для того, чтобы замѣтить главную линію радія на фотографированныхъ спектрахъ, необходима радіоактивность, превышающая радіоактивность металлическаго урана въ 50 разъ.

Намъ извѣстно, съ другой стороны, что чувствительный электрометръ обнаруживаетъ радіоактивность, равняющуюся $^1/_{100}$ радіоактивности металлическаго урана. Такимъ образомъ понятно, что присутствіе радія гораздо легче можетъ быть открыто на основаніи радіоактивности, которая въ нѣсколько тысячъ разъ чувствительнѣе спектральной реакціи.

Висмутъ, содержащій активный полоній и торій, содержащій актиній, были изслѣдованы Демарсэмъ, который обнаружилъ только спектральныя линіи висмута и торія.

Гизелю [1]) удалось недавно обнаружить, что бромистый радій окрашиваетъ пламя въ карминовый цвѣтъ, а спектръ радіеваго пламени содержитъ двѣ красныя линіи, одну синевато-зеленую и двѣ слабыя линіи въ фіолетовой части спектра.

Добываніе новыхъ радіоактивныхъ веществъ. — Прежде всего извлекается изъ урановыхъ минераловъ радій, содержащій барій, полоній, содержащій висмутъ, и рѣдкія тѣла, содержащія актиній.

По полученіи этихъ продуктовъ необходимо заняться выдѣленіемъ новаго радіоактивнаго вещества. Лучше всего это дѣлается помощью метода дробленія въ виду извѣстной трудности отдѣлять другъ отъ друга близкіе элементы. Съ другой стороны, трудно выдѣлить малое количество элемента изъ смѣси двухъ простыхъ тѣлъ даже въ томъ случаѣ, если извѣстно одно изъ нихъ. Мы рискуемъ въ данномъ случаѣ потерять это малое количество, не узнавъ природы его.

Я поставила себѣ цѣлью изолировать радій и полоній и послѣ нѣсколькихъ лѣтъ упорнаго труда мнѣ удалось выдѣлить только первый изъ нихъ.

Мы отказались отъ мысли обрабатывать въ большихъ количествахъ смоляную урановую руду въ виду ея дороговизны. Въ Европѣ этотъ минералъ добывается въ копи Іоахимсталь въ Богеміи. Истолченный минералъ обжигается вмѣстѣ съ углекислымъ натромъ; полученное вещество выщелачивается теплой водой, а затѣмъ и разбавленной сѣрной кислотой. Получаемая жидкость содержитъ уранъ, который придаетъ цѣнность смоляной урановой

[1]) Giesel, Phys. Zeitschrift, 15 сентября 1902.

рудѣ. Нерастворимый остатокъ выбрасывается, какъ негодное вещество.

Этотъ отбросъ содержитъ радіоактивныя вещества, радіоактивность которыхъ въ $4^1/_2$ раза больше радіоактивности металлическаго урана. Австрійское правительство, являющееся владѣльцемъ копи, дало намъ тонну остатковъ для нашихъ изслѣдованій и позволило кромѣ того копи доставить намъ еще нѣсколько тоннъ этого вещества.

Первая обработка отбросовъ оказалась трудно-выполнимой на заводѣ помощью лабораторныхъ методовъ. Занявшійся заводской обработкой этихъ отбросовъ, Дебирнъ показалъ, что вся суть заключается въ превращеніи сѣрнокислыхъ солей въ углекислыя путемъ выпариванія вещества, находящагося въ концентрированномъ растворѣ углекислаго натра. Этотъ способъ позволяетъ избѣгнуть плавленія съ углекислымъ натромъ.

Отбросы содержатъ, главнымъ образомъ, сѣрнокислыя соли свинца, извести, алюминія и окиси желѣза. Кромѣ того они заключаютъ въ большей или меньшей степени почти всѣ металлы (мѣдь, висмутъ, цинкъ, кобальтъ, марганецъ, никель, ванадій, сурьму, таллій, рѣдкіе металлы, ніобій, танталъ, мышьякъ, барій и др.). Радій находится въ этой смѣси въ видѣ сѣрнокислой соли (отличающейся наименьшей растворимостью). Для полученія его въ растворѣ слѣдуетъ избѣгать употребленія сѣрной кислоты. Съ этой цѣлью отбросы обрабатываются концентрированнымъ кипящимъ растворомъ соды. Соединившаяся съ свинцомъ, алюминіемъ, известью, сѣрная кислота попадаетъ въ большомъ количествѣ въ растворъ въ видѣ сѣрнокислаго натра, который извлекается промываніемъ въ водѣ. Въ то-же время свинецъ, кремнеземъ, алюминій извлекаются растворомъ щелочи. Нерастворимое вещество обрабатывается обыкновенной хлористоводородной кислотой, растворяющей большую часть его. Изъ этого раствора можно извлечь полоній и актиній; первый даетъ осадокъ съ сѣроводородомъ, а второй находится въ гидратахъ, дающихъ осадокъ съ амміакомъ въ перекисленномъ растворѣ, отдѣленномъ отъ сѣрнистыхъ соединеній. Что касается радія, то онъ находится въ нерастворимомъ веществѣ. Послѣднее промывается водой и обрабатывается концентрированнымъ кипящимъ растворомъ углекислаго натра. Если послѣ этого останется небольшое количество нетронутыхъ сѣрнокислыхъ солей, то въ результатѣ получается полное превращеніе сѣрнокислыхъ солей барія и радія въ углекислыя. Въ этомъ случаѣ вещество основательно промывается въ водѣ и обрабатывается

разбавленной хлористоводородной кислотой, свободной отъ содержанія сѣрной кислоты. Растворъ содержитъ радій, полоній и актиній. Онъ фильтруется и осаждается сѣрной кислотой. Получаются неочищенныя сѣрнокислыя соли радій содержащаго барія, содержащія также известь, свинецъ, желѣзо и увлекшія за собой немного актинія.

Растворъ содержитъ еще немного актинія и полонія, которые можно извлечь такимъ-же путемъ, какъ изъ перваго хлористоводороднаго раствора.

Изъ одной тонны отбросовъ можно добыть отъ 10 до 20 килограммовъ неочищенныхъ сѣрнокислыхъ солей, которыя обнаруживаютъ въ 30 — 60 разъ бо́льшую радіоактивность, чѣмъ металлическій уранъ. Чтобы очистить ихъ, имъ даютъ кипѣть вмѣстѣ съ углекислымъ натромъ и превращаютъ ихъ въ хлористыя соединенія. Растворъ обрабатывается сѣроводородомъ, послѣ чего получается небольшое количество радіоактивныхъ сѣрнистыхъ соединеній, содержащихъ полоній. Этотъ растворъ фильтруется, перекисляется дѣйствіемъ хлора и осаждается чистымъ амміакомъ.

Осадившіеся окиси и гидраты отличаются большой радіоактивностью, которой они обязаны актинію. Осадившіяся щелочноземельныя уклекислыя соли промываются и превращаются въ хлористыя соединенія.

Послѣднія испаряются до суха и промываются чистой концентрированной хлористоводородной кислотой. Хлористый кальцій почти всецѣло растворяется, а радій содержащій хлористый барій остается нерастворимымъ. Изъ тонны отбросовъ руды получается около восьми килограммовъ радійсодержащаго хлористаго барія, который въ 60 разъ радіоактивнѣе металлическаго урана. Затѣмъ приступаютъ къ дробленію хлористаго барія, содержащаго радій.

П о л о н і й. — Мы уже говорили, что, пропуская сѣроводородъ въ различные хлористоводородные растворы, полученные во время обработки, мы осаждаемъ радіоактивныя сѣрнистыя соединенія, обязанныя полонію своей радіоактивностью.

Сѣрнистыя соединенія, о которыхъ идетъ рѣчь, содержатъ главнымъ образомъ висмутъ, немного мѣди и свинца; присутствіе послѣдняго въ небольшомъ количествѣ объясняется тѣмъ, что его извлекли содовымъ растворомъ, а также потому, что хлористый свинецъ обладаетъ малой растворимостью. Сурьма и мышьякъ находятся въ небольшомъ количествѣ въ окисяхъ по той причинѣ, что ихъ окиси растворились въ содѣ. Чтобы получить очень активныя сѣрнистыя соединенія, употребляется слѣдующій способъ:

растворы, содержащіе много хлористоводородной кислоты, осаждаются сѣроводородомъ: осаждающіяся при такихъ условіяхъ сѣрнистыя соединенія отличаются большой радіоактивностью и ими пользуются для приготовленія полонія; въ растворѣ остались вещества, только частью осадившіяся благодаря избытку хлористоводородной кислоты (висмутъ, свинецъ, сурьма). Чтобы докончить осажденіе, растворъ разбавляется водой и обрабатывается сѣроводородомъ, послѣ чего получается вторая часть сѣрнистыхъ соединеній, гораздо менѣе радіоактивныхъ, чѣмъ первые; они обыкновенно отбрасывались. Для дальнѣйшей очистки сѣрнистыхъ соединеній, послѣднія промываются сѣроводороднымъ амміакомъ и этимъ удаляются остатки сурьмы и мышьяка. Они промываются водой, содержащей азотнокислый аммоній, и обрабатываются разбавленной азотной кислотой. Раствореніе никогда не бываетъ полнымъ и въ растворѣ всегда остается нерастворимый осадокъ, который подвергается въ случаѣ надобности дальнѣйшей обработкѣ. Небольшой объемъ раствора осаждается амміакомъ или большимъ количествомъ воды. Въ обоихъ случаяхъ остаются въ растворѣ свинецъ и мѣдь, а во второмъ, кромѣ того, и небольшое количество едва активнаго висмута.

Осадокъ окисловъ или основныхъ азотно-кислыхъ солей подвергается дробленію слѣдующимъ образомъ: осадокъ растворяется въ азотной кислотѣ и къ раствору прибавляется вода до образованія достаточнаго количества осадка. Въ данномъ случаѣ надо помнить, что образованіе осадка начинается иногда не сразу, а только спустя нѣкоторое время. Осадокъ отдѣляется отъ жидкости и опять растворяется въ азотной кислотѣ. Къ полученнымъ жидкостямъ опять прибавляютъ воды и осаждаютъ оставшіяся вещества и т. д. Различныя жидкости сливаются вмѣстѣ согласно ихъ радіоактивности и концентрація доводится до возможныхъ предѣловъ. Такимъ образомъ получается небольшое количество вещества, отличающагося сильнѣйшей радіоактивностью, но обнаруживающаго въ спектроскопъ только линіи спектра висмута.

Къ сожалѣнію, трудно изолировать полоній такимъ путемъ. Описанный нами методъ дробленія представляетъ большія трудности такъ же, какъ и другіе методы дробленія жидкимъ путемъ. Каждый изъ этихъ способовъ имѣетъ то неудобство, что съ нимъ связано образованіе нерастворимыхъ въ кислотахъ (разбавленныхъ или концентрированныхъ) соединеній. Послѣднія могутъ быть растворимы путемъ плавленія ихъ въ металлическомъ видѣ съ ціанистымъ каліемъ.

Данное обстоятельство значительно затрудняетъ дробленіе въ виду большого количества необходимыхъ обработокъ. Это неудобство ощущается тѣмъ болѣе, что радіоактивность полонія уменьшается при выдѣленіи его изъ смоляной урановой руды.

Уменьшеніе радіоактивности происходитъ довольно медленно. Такъ, образецъ азотнокислаго висмута, содержащаго полоній, потерялъ половину своей радіоактивности въ одиннадцать мѣсяцевъ. Радій не представляетъ подобныхъ затрудненій. Радіоактивность его является вѣрнымъ путеводителемъ при концентраціи, не говоря о томъ, что послѣдняя не связана съ затрудненіями и удачные результаты постоянно контролировались путемъ спектральнаго анализа.

Когда стали извѣстны явленія индуктированія радіоактивности (о которыхъ рѣчь впереди), то казалось естественнымъ предположеніе, что полоній, дающій однѣ только цвѣтныя спектральныя полосы висмута и обнаруживающій уменьшеніе радіоактивности съ теченіемъ времени, не представляетъ собой новаго элемента, а есть висмутъ, ставшій радіоактивнымъ благодаря сосѣдству съ радіемъ въ смоляной урановой рудѣ. Я несогласна съ этимъ взглядомъ по той причинѣ, что мои изслѣдованія надъ полоніемъ обнаружили такія химическія свойства, которыя не напоминали ни обыкновеннаго висмута, ни висмута, ставшего радіоактивнымъ въ сосѣдствѣ барія. Изъ этихъ химическихъ особенностей первое мѣсто занимаетъ способность легко давать нерастворимыя соединенія, о которыхъ мы раньше говорили (особенно основныя азотнокислыя соли). Вторая особенность это — цвѣтъ и видъ осадковъ, полученныхъ прибавленіемъ воды къ азотнокислому раствору висмута содержащаго полоній. Эти осадки бываютъ бѣлаго цвѣта, но чаще всего они желтаго и даже красновато-желтаго цвѣта.

Отсутствіе другихъ цвѣтныхъ спектральныхъ полосъ, кромѣ полосъ висмута, не указываетъ еще, что вещество состоитъ изъ одного только висмута. Извѣстно вѣдь, что нѣкоторыя тѣла проявляютъ малую чувствительность къ спектральной реакціи.

Было-бы желательно приготовить небольшое количество полоній содержащаго висмута возможно-большой концентраціи и опредѣлить атомный вѣсъ металла. До сихъ поръ это не было сдѣлано по причинѣ тѣхъ трудностей, о которыхъ мы выше говорили. Еслибы можно было доказать, что полоній — элементъ, тогда навѣрное стало-бы извѣстнымъ, что, по извлеченіи его изъ минерала, онъ постепенно теряетъ свою радіоактивность. Можно разсматривать этотъ вопросъ съ двухъ точекъ зрѣнія. Можно предположить,

что радіоактивность полонія сообщена ему радіоактивными веществами и въ данномъ случаѣ полоній обладалъ бы необыкновеннымъ свойствомъ надолго сообщенной атомной радіоактивности. Другое предположеніе состоитъ въ признаніи за полоніемъ собственной радіоактивности, произвольно пропадающей при нѣкоторыхъ условіяхъ и проявляющейся при другихъ условіяхъ, имѣющихъ мѣсто въ минералѣ. Явленіе сообщенія атомной радіоактивности нерадіоактивному тѣлу сосѣднимъ радіоактивнымъ мало извѣстно и нѣтъ основаній, необходимыхъ для составленія такого мнѣнія.

Недавно появилась работа Марквальда о полоніи [1]). Марквальдъ погружаетъ палочку чистаго висмута въ хлористоводородный растворъ висмута, добытаго изъ урановой руды. Спустя нѣкоторое время палочка покрывается слоемъ радіоактивнаго висмута, а въ растворѣ остается нерадіоактивный металлъ. Марквальдъ получилъ радіоактивный слой также путемъ прибавленія хлористаго олова къ хлористоводородному раствору радіоактивнаго висмута. Онъ вывелъ изъ этого заключеніе, что данный радіоактивный элементъ аналогиченъ теллуру и далъ ему названіе радіотеллура. Послѣдній совершенно похожъ на полоній по происхожденію и по испускаемымъ имъ лучамъ, отличающимся большой поглощаемостью. Новое названіе этого элемента совершенно излишне при настоящемъ состояніи этого вопроса.

Приготовленіе чистаго хлористаго радія. Способъ, которымъ я пользовалась для добыванія чистаго хлористаго радія изъ радій содержащаго хлористаго барія, состоитъ въ томъ, чтобы подвергнуть смѣсь хлористыхъ соединеній кристаллизаціи въ чистой водѣ, а затѣмъ въ водѣ, содержащей хлористоводородную кислоту. Такимъ образомъ утилизируется различная растворимость хлористаго радія и хлористаго барія.

Въ началѣ дробленія употребляютъ чистую дистиллированную воду. Хлористое соединеніе растворяется, растворъ насыщается при температурѣ кипѣнія, охлаждается и кристаллизуется. На днѣ образуются прекрасные кристаллы, а насыщенный растворъ отливается въ другой сосудъ. Испаряя досуха часть этого раствора, можно убѣдиться въ томъ, что это хлористое соединеніе въ пять разъ менѣе радіоактивно кристаллизовавшагося вещества. Такимъ образомъ удалось раздѣлить хлористое соединеніе на двѣ части: A и B, изъ которыхъ A гораздо радіоактивнѣе B. Каждая изъ нихъ подвергается первоначальной операціи и дѣлится на двѣ части. Когда кристаллизація кончена, тогда собираютъ вмѣстѣ наименѣе радіоактивную часть хлориста соединенія A и наиболѣе радіоактивную хлористаго соединенія B, обладающія почти одинаковой радіоактивностью. Получаются три части, которыя снова подвергаются первоначальной обработкѣ.

[1]) Berichte der deutsch. chem. Gesellsch.. іюнь и декабрь 1902.

Не слѣдуетъ давать возрастать числу частей. По мѣрѣ увеличенія этого числа уменьшается радіоактивность наиболѣе растворимой части. Послѣдняя совершенно перестаетъ подвергаться дробленію, когда она обнаруживаетъ очень незначительную радіоктивность. Получивъ желательное число частей, прекращаютъ дробленіе наименѣе растворимой части (т. е. наиболѣе богатой радіемъ).

Лучше всего работать надъ постояннымъ числомъ частей. Послѣ каждой серіи операцій насыщенный растворъ одной части приливается къ кристалламъ слѣдующей. Но если мы послѣ одной серіи удалимъ наиболѣе растворимую часть, а послѣ слѣдующей серіи сдѣлаемъ новую жидкость съ наиболѣе растворимой частью, мы удалимъ кристалы, составляющіе наиболѣе радіоактивную часть. Пользуясь послѣдовательно то однимъ то другимъ способомъ, мы получаемъ правильный механизмъ дробленія, въ которомъ число частей и радіоактивность каждой изъ нихъ остаются постоянны (причемъ каждая предыдущая часть въ пять разъ радіоактивнѣе послѣдующей). Съ этимъ механизмомъ связано съ одной стороны удаленіе (подъ конецъ) почти нерадіоактивнаго продукта и (вначалѣ) полученіе хлористаго радія съ другой. Количество вещества, содержащагося въ разныхъ частяхъ, постепенно уменьшается и различныя части содержатъ тѣмъ меньше вещества, чѣмъ болѣе они радіоактивны.

Сначала мы имѣли дѣло съ шестью частями и радіоактивность удаленнаго подъ конецъ хлористаго соединенія равнялась одной десятой активности урана.

Послѣ удаленія большей части неактивнаго вещества и полученія небольшихъ частей, мы удаляемъ часть подъ конецъ дробленія и прибавляемъ жидкость, образовавшуюся съ раньше полученнымъ радіоактивнымъ хлористымъ соединеніемъ. Мы получимъ такимъ путемъ болѣе богатое радіемъ хлористое соединеніе чѣмъ предыдущее. Эта система примѣняется до тѣхъ поръ, пока первоначальные кристаллы будутъ представлять собою чистый хлористый радій. Если дробленіе было полное, то остаются очень малыя количества промежуточныхъ продуктовъ.

Когда дробленіе подвинулось впередъ и въ каждой части осталось небольшое количество вещества, раздѣленіе путемъ кристаллизаціи менѣе очевидно благодаря скорому охлажденію и небольшому объему раствора. Въ такихъ случаяхъ къ водѣ прибавляется опредѣленное количество хлористоводородной кислоты, причемъ

количество должно быть тѣмъ больше, чѣмъ дальше пошло дробленіе.

Прибавленіемъ хлористоводородной кислоты къ водѣ увеличивается количество раствора, благодаря меньшей растворимости хлористыхъ соединеній въ хлористоводородной водѣ, чѣмъ въ чистой. Дробленіе становится тогда болѣе очевиднымъ и замѣчается большая разница между двумя частями, происходящими отъ одного продукта. Прибавляя много кислоты къ водѣ, можно отлично раздѣлить вещества и работать тогда только съ тремя или четырьмя частями. Этотъ способъ удобно примѣнять сейчасъ же послѣ того, какъ получилось очень малое количество вещества.

Кристаллы, отлагающіеся въ растворѣ, содержащемъ много кислоты, имѣютъ форму продолговатыхъ иглъ, совершенно похожихъ на видъ на хлористый барій или хлористый радій. Какъ тѣ, такъ и другіе обнаруживаютъ двойное преломленіе. Кристаллы радій содержащаго хлористаго барія отлагаются безцвѣтными, но, съ увеличеніемъ содержанія радія, они становятся желтыми, оранжевыми, а иногда даже розовыми. Этотъ цвѣтъ исчезаетъ въ растворѣ. Кристаллы чистаго хлористаго радія не окрашиваются или очень медленно окрашиваются, такъ что окраска зависитъ отъ одновременнаго присутствія барія и радія. Окраска достигаетъ максимума при извѣстной концентраціи радія. Это свойство можетъ служить для контроля успѣховъ дробленія. Пока наиболѣе активная часть окрашивается, она содержитъ значительное количество барія. Если она больше не окрашивается, а слѣдующія части окрашиваются, то изъ этого слѣдуетъ, что первая содержитъ чистый хлористый радій.

Мнѣ случалось замѣчать иногда образованіе осадка, состоявшаго изъ кристалловъ, одна часть которыхъ не была окрашена, тогда какъ другая окрашивалась. Казалось, что можно было отдѣлить кристаллы сортировкой, но практически не пробовали выполнить это.

Подъ конецъ дробленія отношеніе радіоактивности послѣдовательныхъ частей не то-же, что вначалѣ и не такъ правильно. Но въ ходѣ дробленія не замѣчается никакихъ серьезныхъ осложненій.

Раздробленное осажденіе алкоголемъ воднаго раствора радій-содержащаго хлористаго барія выдѣляетъ хлористый радій, который осаждается первымъ. Этимъ методомъ я пользовалась вначалѣ, но потомъ промѣняла его на другой болѣе правильный, о которомъ рѣчь впереди. Иногда я впрочемъ осаждала алкоголемъ съ тѣмъ,

чтобы очистить хлористый радій отъ хлористаго барія. Послѣдній остается въ алкогольномъ растворѣ, содержащемъ воду, и такимъ путемъ можетъ быть удаленъ.

Гизель, занявшійся (сейчасъ-же послѣ того, какъ были опубликованы наши первыя изслѣдованія) приготовленіемъ радіоактивныхъ тѣлъ, отдѣляетъ барій отъ радія раздробленной кристаллизаціей въ водѣ смѣси бромистыхъ соединеній. Я имѣла возможность убѣдиться въ удобствѣ этого метода, особенно въ началѣ дробленія.

Каковъ-бы ни былъ употребляемый способъ дробленія, его необходимо провѣрить путемъ измѣренія радіоактивности. Необходимо замѣтить, что бывшее въ растворѣ соединеніе радія, обращенное въ твердое состояніе осажденіемъ или кристаллизаціей, обладаетъ вначалѣ тѣмъ большей радіоактивностью, чѣмъ дольше оно оставалось въ растворѣ. Радіоактивность возрастаетъ затѣмъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ и достигаетъ извѣстнаго постояннаго предѣла. Конечная радіоактивность въ 5—6 разъ больше начальной. Эти варіаціи, къ которымъ я позже возвращусь, должны быть приняты во вниманіе при измѣреніи радіоактивности. Несмотря на то, что конечная радіоактивность лучше поддается опредѣленію, можно рекомендовать измѣрять начальную радіоактивность твердаго продукта.

Радіоактивность этихъ веществъ въ 10^6 больше радіоактивности минерала, отъ котораго они происходятъ. Когда радіоактивность измѣряется помощью указаннаго въ началѣ нашей книги метода (рис. 1), то за извѣстнымъ предѣломъ нельзя увеличить тяжести, положенной на чашку. Въ нашихъ опытахъ тяжесть не превышала 4000 граммовъ и соотвѣтствовала количеству освобожденнаго электричества, равнаго 25 электростатическимъ единицамъ. Мы можемъ измѣрять радіоактивность, варіирующую отъ 1 до 4000, употребляя одну и ту-же поверхность для активнаго вещества. Чтобы расширить предѣлы мѣръ, мы мѣняемъ поверхность въ извѣстномъ отношеніи. Радіоактивное вещество занимаетъ тогда на дискѣ B центральную круговую зону извѣстнаго радіуса. Такъ какъ при такихъ условіяхъ радіоактивность не точно пропорціональна поверхности, то экспериментальнымъ путемъ опредѣляются коэффиціенты, позволяющіе сравнивать радіоактивности при неравной активной поверхности.

Послѣ того, какъ этотъ источникъ исчерпанъ, прибѣгаютъ къ поглощающимъ экранамъ и къ другимъ способамъ, на которыхъ я здѣсь не буду останавливаться. Надо все-таки замѣтить, что, несмотря на свое несовершество, эти методы могутъ руководить изслѣдованіями.

Мы измѣрили также токъ, проходящій черезъ конденсаторъ, когда онъ связанъ съ баттареей маленькихъ аккумуляторовъ и съ чувствительнымъ гальванометромъ. Мы не могли пользоваться этимъ методомъ для настоящихъ измѣреній въ виду необходимости часто провѣрять чувствительность гальванометра.

Опредѣленіе атомнаго вѣса радія [1]). — Во время своихъ изслѣдованій я нѣсколько разъ опредѣляла атомный вѣсъ металла, содержащагося въ образцахъ радійсодержащаго хлористаго барія. Каждый разъ, какъ я, послѣ новой обработки, получала нѣкоторый запасъ радійсодержащаго хлористаго барія, я старалась довести концентрацію до того, чтобы получить отъ 0,1 до 0,5 грамма вещества; изъ этого вещества я осадила алкоголемъ или хлористоводородной кислотой нѣсколько миллиграммовъ для спектральнаго анализа. Демарсэю было совершенно достаточно этого минимальнаго количества вещества для того, чтобы получить фотографію спектра искры. Остальное вещество я употребила на опредѣленіе атомнаго вѣса.

Я пользовалась классическимъ методомъ, который состоитъ въ опредѣленіи количества хлора въ хлористомъ серебрѣ. Я опредѣлила атомный вѣсъ барія тѣмъ-же путемъ, въ тѣхъ-же условіяхъ и въ такомъ-же количествѣ (сначала 0,5 а затѣмъ 0,1 грамма) и нашла, что онъ равняется 137—138. Я убѣдилась, что этотъ методъ даетъ удовлетворительные результаты даже съ такимъ небольшимъ количествомъ вещества.

Первыя два опредѣленія были даны для хлористыхъ соединеній, изъ которыхъ одно было въ 230 разъ радіоактивнѣе урана, а другое въ 600 разъ. Оба они дали то-же число, что опытъ съ чистымъ хлористымъ баріемъ. Чтобы получить другое число, надо было употребить болѣе радіоактивный продуктъ. Слѣдующій опытъ былъ произведенъ съ хлористымъ соединеніемъ, активность котораго превосходила радіоактивность урана въ 3500 разъ и обнаружилъ небольшую, но опредѣленную разницу. Я нашла, что средній атомный вѣсъ металла, находящагося въ этомъ хлористомъ соединеніи, равнялся 140, изъ чего видно было, что атомный вѣсъ радія больше вѣса барія. Употребляя все болѣе радіоактивные продукты, обнаруживавшіе все болѣе интенсивный спектръ радія, я убѣдилась, что полученныя числа постепенно возрастали, что видно изъ слѣдующей таблицы (А обозначаетъ радіоактивность

[1]) M-me Curie, Comptes rendus, 13 ноября 1899 г., августъ 1900 г. и іюль 1902 г.

хлористаго соединенія по отношенію къ урану, принимаемому за единицу; М — атомный вѣсъ:

А	М	
3500	140	слабый спектръ радія.
4700	141	
7500	145,8	спектръ радія яснѣе, но преобладаетъ спектръ барія.
Порядокъ величины 10^6.	173,8	оба спектра почти одинаково интенсивны.
	225	барій содержится только въ ничтожномъ количествѣ.

Числа, стоящія подъ А, даютъ только приблизительныя указанія. По многимъ причинамъ (какъ мы увидимъ дальше) трудно опредѣлить радіоактивность тѣлъ, обладающихъ этой особенностью въ сильной степени.

Получивъ въ мартѣ 1902 года 0,12 грамма хлористаго радія, я предложила Демарсэю произвести спектральный анализъ. По мнѣнію Демарсэя, этотъ хлористый радій былъ довольно чистъ, но его спектръ позволялъ различать три главныя цвѣтныя полосы барія.

Я произвела четыре опредѣленія этого соединенія и получила слѣдующія результаты:

	Безводный хлористый радій.	Хлористое серебро.	М
I	0,1150	0,1130	220,7
II	0,1148	0,1119	223,0
III	0,11135	0,1086	222,8
IV	0,10925	0,10645	233,1

Я снова занялась очисткой этого соединенія и получила болѣе чистое вещество, въ которомъ можно было различить двѣ слабыя полосы барія. Основываясь на чувствительности спектральной реакціи барія, Демарсэй полагалъ, что это соединеніе содержитъ «минимальные слѣды барія, не оказывающіе никакого вліянія на опредѣленіе атомнаго вѣса радія». Слѣдующія три опредѣленія дали другіе результаты:

	Безводный хлористый радій.	Хлористое серебро.	М
I	0,09192	0,8890	225,3
II	0,08936	0,08627	225,8
III	0,08839	0,08589	224,0

Среднее изъ этихъ чиселъ 225. Эти числа, какъ и предыдущія, вычислялись, принимая радій за двухатомный элементъ, хлористое соединеніе котораго имѣетъ формулу $RaCl^2$, причемъ атомный вѣсъ серебра $Ag = 107{,}8$, а хлора $Cl = 35{,}4$. Изъ этихъ опытовъ видно, что атомный вѣсъ радія $Ra = 225$. Мнѣ кажется, что это число вѣрно съ точностью до одной единицы.

Взвѣшиваніе производилось помощью хорошо регулированныхъ аперіодическихъ вѣсовъ Кюри, дающихъ указанія съ точностью до одной двадцатой миллиграмма. Эти вѣсы съ прямымъ указаніемъ результатовъ позволяютъ скорое взвѣшиваніе, что очень важно при взвѣшиваніи безводныхъ хлористыхъ соединеній радія и барія, медленно поглощающихъ воду, несмотря на присутствіе въ вѣсахъ гигроскопическихъ веществъ. Взвѣшиваемыя вещества помѣщались въ платиновый тигель, долго бывшій въ употребленіи, вѣсъ котораго варіировалъ во время опыта не больше, чѣмъ на одну десятую миллиграмма.

Гидратъ хлористаго соединенія, полученнаго путемъ кристаллизаціи, нагрѣвался въ тиглѣ съ цѣлью превращенія въ хлористое соединеніе. Опытъ показалъ, что вѣсъ этого соединенія не измѣняется если его держать нѣсколько часовъ на температурѣ 100^0 и даже 200^0. Полученное такимъ путемъ безводное хлористое соединеніе представляетъ собой вполнѣ опредѣленное тѣло.

Слѣдующія измѣренія даютъ понятіе объ этихъ опытахъ: хлористое соединеніе (въ количествѣ одного дециграмма) сушится въ сушильной печи при 55^0 надъ безводной фосфорной кислотой: оно теряетъ часть своего вѣса и этимъ указываетъ на то, что оно содержитъ еще воду; въ 12 часовъ потеря воды достигла трехъ миллиграммовъ. Хлористое соединеніе переносится въ сушильную печь и нагрѣвается до 100^0. Хлористое соединеніе теряетъ въ это время 6,3 миллиграмма, а въ три часа 15 минутъ оно теряетъ еще 2,5 миллиграмма. Если поддержать въ теченіе 45 минутъ температуру между 100 и 120^0, то потеря будетъ равняться 0,1 миллиграмма. Она будетъ равна нулю, если поддерживать затѣмъ въ продолженіе 30 минутъ температуру въ 125^0, 0,1 mg если температура будетъ въ 150^0 въ теченіе 30 минутъ и наконецъ 0,15 mg, если поддерживать затѣмъ четыре часа температуру въ 200^0. Что касается вѣса тигля, то можно было обнаружить варіаціи въ 0,05 миллиграмма. Послѣ каждаго опредѣленія атомнаго вѣса радій превращался въ хлористое соединеніе слѣдующимъ образомъ: къ жидкости, содержавшей, послѣ опредѣленія вѣса, азотно-кислый радій и азотнокислое серебро (въ избыткѣ) прибавляли чистой

хлористоводородной кислоты, отдѣляли путемъ фильтраціи хлористое серебро и до суха выпаривали жидкость нѣсколько разъ избыткомъ чистой хлористоводородной кислоты. Опытъ показалъ, что такимъ путемъ можно удалить всю азотную кислоту.

Хлористое серебро, служившее для опредѣленія вѣса, свѣтило и обнаруживало радіоактивность. Я опредѣлила количество серебра, бывшее въ этомъ соединеніи, и убѣдилась, что оно не содержало радія. Это дѣлалось слѣдующимъ образомъ: расплавленное хлористое серебро, содержавшееся въ тиглѣ, было возстановлено водородомъ, полученнымъ отъ дѣйствія разбавленной хлористоводородной кислоты на цинкъ; послѣ промыванія взвѣшивался тигель съ содержавшимся въ немъ металлическимъ серебромъ.

Точно также я убѣдилась въ одномъ изъ своихъ опытовъ, что вѣсъ возстановленнаго хлористаго радія былъ тотъ же, что и до опыта. При другихъ опытахъ я не стала ждать пока вся вода, оставшаяся послѣ промыванія, испарится.

Эти провѣрки не отличаются такой точностью, какъ прямые опыты, но все-таки дали возможность убѣдиться въ отсутствіи крупной ошибки.

По своимъ химическимъ свойствамъ радій является элементомъ изъ группы щелочно-земельныхъ металловъ высшимъ гомологомъ барія.

По своему атомному вѣсу радій слѣдуетъ (въ таблицѣ Менделѣева) за баріемъ въ столбцѣ щелочно-земельныхъ металловъ и въ ряду урана и торія.

Свойства радіевыхъ солей.—Хлористая, азотнокислая, углекислая и сѣрнокислая соли радія имѣютъ видъ тѣхъ же солей барія, когда они приготовлены въ твердомъ видѣ съ тѣмъ только различіемъ, что всѣ радіевыя соли пріобрѣтаютъ окраску съ теченіемъ времени.

Всѣ радіевыя соли свѣтятся въ темнотѣ.

По своимъ химическимъ свойствамъ радіевыя соли аналогичны соотвѣтствующимъ солямъ барія. Различіе наблюдается въ растворимости хлористыхъ соединеній радія и барія: первый отличается меньшей растворимостью по сравненію со вторымъ. Растворимость азотнокислыхъ солей этихъ двухъ металловъ одинакова.

Радіевыя соли безпрестанно и произвольно выдѣляютъ теплоту. Чистый хлористый радій парамагнитенъ. Его магнитная воспріимчивость K (отношеніе магнитнаго момента единицы массы къ интенсивности поля) былъ измѣренъ П. Кюри и Шневно при по-

мощи аппарата, изобрѣтеннаго этими двумя физиками [1]). Этотъ коэффиціентъ былъ измѣренъ по сравненію съ коэффиціентомъ воды (внося поправку на магнитность воздуха). Такъ было найдено

$$K = 1{,}05 \times 10^{-6}.$$

Чистый хлористый барій діамагнитенъ; его воспріимчивость.

$$K = -0{,}40 \times 10^{-6}.$$

Согласно съ предыдущими результатами найдено, что радійсодержащій хлористый барій (съ 17-процентнымъ содержаніемъ хлористаго радія) діамагнитенъ; для него мы имѣемъ.

$$K = -0{,}20 \times 10^{-6}\ (^2).$$

Дробленіе обыкновеннаго хлористаго барія. — Мы задались вопросомъ, не содержитъ ли хлористый барій (имѣющійся въ продажѣ) хотя малое количество хлористаго радія. Съ этой цѣлью мы занялись дробленіемъ большого количества обыкновеннаго хлористаго барія, надѣясь концентрировать этимъ содержащіеся тамъ слѣды хлористаго радія.

50 килограммовъ хлористаго барія были растворены въ водѣ; растворъ былъ осажденъ хлористоводородной кислотой, свободной отъ содержанія сѣрной кислоты; получился осадокъ въ 20 килогр. Осадокъ былъ растворенъ въ водѣ, а растворъ, осажденный хлористоводородной кислотой, далъ осадокъ въ 8,5 килогр. хлористаго соединенія. Послѣднее было подвергнуто методу дробленія, примѣняемому къ радійсодержащему хлористому барію, причемъ въ началѣ дробленія удалили 10 граммовъ наименѣе растворимой части. Нашъ аппаратъ не обнаружилъ никакой радіоактивности, изъ чего можно было заключить, что это соединеніе не содержало радія. Очевидно, что радій отсутствуетъ въ минералахъ, изъ которыхъ получается барій.

---

[1]) Société de Physique, 3 апрѣля 1903 г.

[2]) Въ 1899 г. Ст. Мейеръ объявилъ, что радійсодержащій углекислый барій парамагнитенъ (Wied. Ann. t. LXVIII). Онъ имѣлъ дѣло вѣроятно съ $^1/_{1000}$ радіевой соли (въ своемъ соединеніи). Этотъ продуктъ долженъ былъ въ случаѣ чистоты быть діамагнитнымъ. Возможно, что это тѣло содержало незначительное количество желѣза.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Лучеиспусканіе новыхъ радіоактивныхъ веществъ.

Способы изученія лучеиспусканія.—Для изученія лучеиспусканія радіоактивныхъ веществъ можно пользоваться однимъ изъ свойствъ этого лучеиспусканія. Можно пользоваться дѣйствіемъ лучей на фотографическія пластинки, ихъ свойствомъ іонизировать воздухъ и дѣлать его проводникомъ, или, наконецъ, свойствомъ вызывать флюоресценцію нѣкоторыхъ веществъ. Говоря объ этихъ различныхъ свойствахъ, я буду пользоваться сокращенными выраженіями: радіографическій методъ, электрическій методъ и флюороскопическій методъ.

Первые два метода были въ употребленіи съ самаго начала изученія урановыхъ лучей. Флюороскопическій методъ можетъ быть примѣнимъ только къ новымъ веществамъ, обнаруживающимъ сильную радіоактивность, такъ какъ вещества со слабой радіоактивностью не вызываютъ замѣтной флюоресценціи. Изъ указанныхъ трехъ методовъ одинъ только электрическій методъ даетъ точные измѣренія интенсивности, тогда какъ остальные два даютъ только качественные результаты и приблизительныя мѣры интенсивности. Результаты, полученные помощью этихъ трехъ методовъ, могутъ согласоваться приблизительно или совсѣмъ не согласоваться.

Чувствительная пластинка, іонизирующійся газъ, флюоресцирующій экранъ похожи въ томъ отношеніи, что они поглощаютъ лучи и превращаютъ ихъ въ другой видъ энергіи: химическій, іонический или свѣтовой. Каждый пріемникъ поглощаетъ опредѣленные лучи въ зависимости отъ своей природы. Мы увидимъ, что лучеиспусканіе довольно сложно: лучи, поглощенные различными пріемниками, могутъ различаться количественно и качественно. Кромѣ того нельзя наперед сказать, что поглощенная пріемникомъ энергія превратится въ форму, желательную для наблюденій; часть этой энергіи можетъ превратиться въ теплоту, часть—въ нѣкоторые лучи, которые могутъ и не послужить для наблю-

денія явленія и наконецъ въ энергію химической реакціи, отличную отъ наблюдаемой ц т. д. Кромѣ того дѣйствіе лучей на пріемникъ зависитъ отъ природы послѣдняго.

Сравнимъ два радіоактивныхъ вещества, изъ которыхъ одно содержитъ радій, а другое полоній; оба обнаруживаютъ одинаковую радіоактивность въ нашемъ аппаратѣ (рис. 1). Стоитъ накрыть каждое изъ нихъ тонкимъ листомъ алюминія и мы увидимъ, что второе окажется гораздо менѣе активнымъ, чѣмъ первое. То-же самое можно обнаружить, если помѣстить оба вещества подъ однимъ флюоресцирующимъ экраномъ. Это будетъ замѣтно въ томъ случаѣ, если экранъ достаточно толстъ или-же если онъ находится на извѣстномъ разстояніи между обоими веществами.

Энергія лучеиспусканія. — Независимо отъ употребляемаго метода изслѣдованій, находятъ, что энергія лучеиспусканія новыхъ радіоактивныхъ веществъ гораздо больше энергіи урана и торія. Послѣдніе дѣйствуютъ на фотографическую пластинку въ 24 часа, тогда какъ новыя радіоактивныя вещества дѣйствуютъ моментально на маломъ разстояніи. Флюоресцирующій экранъ ярко свѣтится въ присутствіи этихъ новыхъ веществъ и не обнаруживаетъ ни малѣйшей флюоресценціи подъ вліяніемъ урана или торія. Наконецъ, іонизація воздуха также значительно больше (въ 10^6). Что касается полной интенсивности лучеиспусканія, то нельзя ее вычислить (какъ для урана) помощью описаннаго вначалѣ электрическаго метода (рис. 1). Дѣло въ томъ, что лучеиспусканіе урана почти поглощается слоемъ воздуха, находящагося между дисками и предѣльный токъ получается при напряженіи въ 100 вольтъ. Этого нельзя сказать о веществахъ, обладающихъ сильной радіоактивностью. Часть лучеиспусканія радія состоитъ изъ лучей, проникающихъ черезъ конденсаторъ и металлическія диски и вовсе не іонизирующихъ воздуха между дисками. Кромѣ того, надо замѣтить, что предѣльный токъ не всегда получается при имѣющихся въ нашемъ распоряженіи напряженіяхъ. Такъ, для активнаго полонія токъ пропорціоналенъ напряженію между 100 и 500 вольтами. Экспериментальныя условія, необходимыя для точнаго измѣренія, не выполнимы, и полученныя числа не даютъ мѣры полнаго лучеиспусканія, а только приблизительное представленіе.

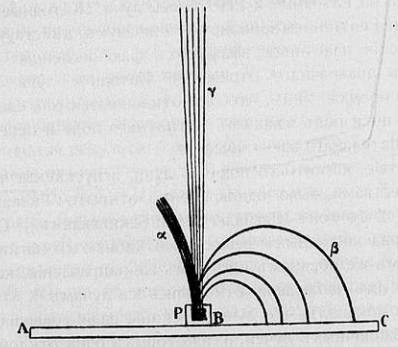
Сложная природа лучеиспусканія. — Изслѣдованія различныхъ физиковъ (Бекккереля, Мейера и фонъ-Швейдлера, Гизеля, Віара, Рутерфорда, г-на и г-жи Кюри) доказали сложность лучей, испускаемыхъ радіоактивными веществами. Различаютъ три рода лучей, обозначаемыхъ Рутерфордомъ буквами α, β, γ.

1. Лучи α отличаются слабой способностью проникать черезъ предметы и составляютъ наибольшую часть лучей, испускаемыхъ радіоактивными веществами. Эти лучи характеризуются законами, управляющими ихъ поглощеніемъ. Магнитное поле слабо дѣйствуетъ на эти лучи, которые сначала считались не подверженными дѣйствію этого поля. Лучи α слегка отклоняются въ интенсивномъ магнитномъ полѣ; отклоненіе совершается такимъ-же путемъ, какъ и въ случаѣ катодныхъ лучей, но въ обратную сторону, въ ту-же, что и лучи Круксовыхъ трубокъ.

2. Лучи β поглощаются меньше предыдущихъ. Они отклоняются магнитнымъ полемъ совершенно такъ-же, какъ катодные лучи.

3. Лучи γ отличаются способностью проникать черезъ предметы; они не подчиняются вліянію магнитнаго поля и сравнимы съ Рентгеновыми лучами.

Рис. 4.



Лучи одной и той-же группы могутъ обладать различной проникаемостью, какъ это было доказано для лучей β. Представимъ себѣ, что мы помѣстили радій R на дно небольшой, но сравнительно глубокой ячейки, пробуравленной въ кускѣ свинца P (рис. 4). Оттуда будетъ исходить небольшой прямолинейный пучокъ лучей. Если мы создадимъ около свинца равномѣрное и сильное магнитное поле, перпендикулярное къ плоскости рис. и направленное къ рисунку, мы раздѣлимъ лучи на три группы: α, β, γ. Лучи γ малой интенсивности продолжаютъ свой прямолинейный путь, не испытывая при этомъ никакого отклоненія. Лучи β отклоняются на подобіе катодныхъ лучей и описываютъ въ плос-

кости рисунка круговыя траекторіи, радіусъ которыхъ подверженъ значительнымъ колебаніямъ. Если помѣстить свинецъ съ радіемъ на фотографическую пластинку AC, то окажется, что часть BC пластинки подверглась дѣйствію лучей β. Наконецъ лучи α образуютъ интенсивный пучокъ, слегка отклоняющійся и быстро поглощаемый воздухомъ. Эти лучи описываютъ въ плоскости рисунка траекторію съ большимъ радіусомъ кривизны, отклоняясь противоположно лучамъ β. Если закрыть отверстіе въ свинцѣ тонкимъ алюминіевымъ экраномъ (толщиной въ 0,1 миллиметра), то большая часть лучей α будетъ поглощена, лучи β будутъ менѣе поглощены и меньше всего лучи γ. Описанный мною опытъ никогда не былъ произведенъ въ такомъ видѣ. Мы увидимъ ниже на какихъ опытахъ было изучено дѣйствіе магнитнаго поля на эти лучи.

Дѣйствіе магнитнаго поля.—Мы видѣли, что лучи, испускаемые радіоактивными веществами, похожи по многимъ свойствамъ на катодные и Рентгеновы лучи. Катодные лучи такъ-же, какъ и Рентгеновы іонизируютъ воздухъ, дѣйствуютъ на фотографическія пластинки, вызываютъ флюоресценцію и не обнаруживаютъ правильнаго отраженія. Катодные лучи отличаются отъ Рентгеновыхъ тѣмъ, что они отклоняются отъ своего прямолинейнаго пути подъ вліяніемъ магнитнаго поля и переносятъ заряды отрицательнаго электричества.

Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи, испускаемые радіоактивными веществами, было одновременно открыто: Гизелемъ, Мейеромъ вмѣстѣ съ фонъ-Швейдлеромъ и Беккерелемъ [1]. Они нашли, что лучи радіоактивныхъ веществъ отклоняются магнитнымъ полемъ такимъ-же образомъ и въ томъ-же направленіи, какъ катодные лучи. Ихъ наблюденія относились къ лучамъ β.

Кюри показалъ, что лучеиспусканіе радія совершается двумя группами различныхъ лучей, изъ которыхъ одна отклоняется магнитнымъ полемъ (лучи β), а другая не поддается его дѣйствію (лучи α и γ, обозначаемые общимъ названіемъ неотклоняющихся лучей) [2].

На приготовленныхъ нами образцахъ полонія Беккерель не наблюдалъ лучей катоднаго порядка. Гизель приготовилъ препаратъ полонія и на немъ наблюдалъ впервые дѣйствіе магнитнаго поля.

[1] Giesel, Wied. Ann., 2 ноября 1899 г.—Meyer und von Schweidler, Acad. Anzeiger Wien, 3 и 9 ноября 1899 г.—Becquerel, Comptes rendus, 11 декабря 1899 г.

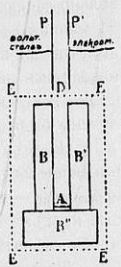
[2] P. Curie, Comptes rendus, 8 января 1900 г.

Полоній Гизеля испускаетъ катодные лучи только въ теченіе короткаго времени послѣ того, какъ онъ былъ приготовленъ. Возможно, что это лучеиспусканіе вызвано явленіемъ сообщенной радіоактивности, о которомъ рѣчь впереди.

Слѣдующіе опыты показываютъ, что только одна часть радіевыхъ лучей состоитъ изъ легко отклоняющихся лучей (лучей β). Эти опыты производились при помощи электрическаго метода [1].

Радіоактивное тѣло A (рис. 5) посылаетъ лучи по направленію AD въ пространство между дисками P и P'. Дискъ P поддерживается на потенціалѣ 500 вольтъ, а дискъ P' соединенъ съ электрометромъ и пьезо-электрическимъ кварцомъ. Затѣмъ измѣряется интенсивность тока, проникающаго въ воздухъ подъ вліяніемъ лучей. Можно по желанію установить магнитное поле электро-магнита перпендикулярно къ плоскости рисунка во всей области $EEEE$. Въ томъ случаѣ, если лучи отклоняются (даже слабо) они больше не проникаютъ между дисками и токъ прекращается. Область, въ которой проходятъ лучи, окружена свинцовыми массами B, B', B'', и оправами электро-магнита; когда лучи отклоняются они поглощаются свинцовыми массами B и B'.

Рис. 5.



Полученные результаты зависятъ существеннымъ образомъ отъ разстоянія (AD) радіоактивнаго тѣла A отъ мѣста входа D лучей въ конденсаторъ. Если разстояніе больше семи сантиметровъ, то большая часть радіевыхъ (90%) лучей, вступающихъ въ конденсаторъ, отклоняются и исчезаютъ для поля въ 2.5000 единицъ. Это — лучи β. Если разстояніе AD меньше 65 миллиметровъ, то меньшая часть лучей откланяется подъ вліяніемъ поля; надо сказать, что эти лучи отклоняются полемъ въ 2.5000 единицъ и количество уничтоженныхъ лучей не увеличивается съ возрастаніемъ поля отъ 2.000 до 7.000 единицъ.

Количество лучей, не уничтожаемыхъ полемъ, тѣмъ больше, чѣмъ меньше разстояніе AD между радіоактивнымъ тѣломъ и конденсаторомъ. Для малыхъ разстояній легко-отклоняющіеся лучи составляютъ только небольшую часть всѣхъ лучей. Очевидно, что большая часть проникающихъ лучей относится къ отклоняющимся катоднымъ лучамъ (лучи β).

Описанный нами экспериментальный путь не далъ возможности наблюдать дѣйствіе магнитнаго поля на лучи α для употре-

[1] P. Curie, Comptes rendus, 8 января 1900 г.

бленныхъ полей. На первый взглядъ неотклоняющіеся лучи состояли, какъ оказалось при наблюденіи на маломъ разстояніи отъ радіоактивнаго источника, изъ лучей α; неотклонявшіеся лучи состояли (при наблюденіи на большомъ разстояніи) изъ лучей γ.

Если пропустить пучокъ лучей черезъ поглощающую пластинку (изъ алюминія или черной бумаги), то почти всѣ проходящіе лучи отклоняются полемъ, такъ что помощью экрана и магнитнаго поля можно почти всѣ лучи отклонить отъ конденсатора, а остающіеся лучи представляютъ собою лучи γ (въ небольшомъ количествѣ). Что касается лучей α, то они поглощаются экраномъ. Достаточно алюминіевой пластинки толщиною въ $^1/_{100}$ миллиметра, чтобы уничтожить почти всѣ трудно-отклоняемые лучи, когда вещество довольно далеко отъ конденсатора; для небольшихъ разстояній (34 и 51 миллим.) необходимы двѣ аллюминіевыя пластинки въ $^1/_{100}$ миллиметра для полученія этого результата. Подобныя измѣренія производились надъ четырьмя радійсодержащими веществами (хлористыми и углекислыми соединеніями) разной радіоактивности и получены были весьма аналогичные результаты.

На всѣхъ этихъ веществахъ можно было замѣтить, что проникающіе и отклоняемые магнитомъ лучи (лучи β) составляли только небольшую часть всѣхъ лучей. Они принимаютъ нѣкоторое участіе въ тѣхъ измѣреніяхъ, въ которыхъ утилизируютъ всѣ лучи, чтобы сдѣлать воздухъ проводникомъ.

Лучи, испускаемые полоніемъ, можно изучить помощью электрическаго метода. Когда варіируетъ разстояніе AD между полоніемъ и конденсаторомъ, то пока разстояніе велико, не замѣчается никакого тока. Токъ правильно возрастаетъ съ приближеніемъ полонія, но въ такихъ условіяхъ магнитное поле не производитъ замѣтнаго дѣйствія. Лучеиспусканіе полонія разграничено повидимому въ пространствѣ и образуетъ нѣчто въ родѣ оболочки, окружающей вещество на толщинѣ нѣсколькихъ сантиметровъ.

Необходимо сдѣлать нѣсколько замѣчаній о значеніи описанныхъ мною опытовъ. Говоря о количествѣ лучей, отклоняющихся магнитомъ, я имѣла въ виду лучи, вызывающіе токъ въ конденсаторѣ. Если же взять въ качествѣ реактива Беккерелевыхъ лучей флюоресценцію или дѣйствіе ихъ на фотографическія пластинки, то получится другое число. Вообще каждая мѣра вѣрна только для опредѣленнаго метода.

Полоній испускаетъ лучи α, на которые магнитное поле не оказало никакого дѣйствія. Возможно впрочемъ, что въ нашемъ опытѣ прошли незамѣченными слабыя отклоненія.

Полученные результаты подтверждаются опытами, производившимися при помощи радіографическаго метода. Беря радій въ качествѣ радіоактивнаго источника и получая оттискъ на пластинкѣ, параллельной первоначальному пучку и перпендикулярной къ полю, мы получимъ ясные слѣды двухъ пучковъ: отклоняющагося и неотклоняющагося. Лучи β составляютъ отклоняющійся пучекъ, а мало отклоняющіеся лучи α совпадаютъ съ неотклоняющимися лучами γ.

Отклоняющіеся лучи β. — Изъ опытовъ Гизеля, Мейера и фонъ-Швейдлера видно, что часть лучей, испускаемыхъ радіоактивными тѣлами, отклоняется магнитнымъ полемъ, причемъ это отклоненіе совершается точно также, какъ и для катодныхъ лучей. Беккерель изучилъ дѣйствіе поля на лучи помощью радіографическаго метода [1]). Обстановка опыта видна на рис. 4. Радій помѣщался въ свинцѣ P, который устанавливался на чувствительную сторону фотографической пластинки AC, обернутой въ черную бумагу. Все помѣщалось между полюсами электромагнита, а магнитное поле — перпендикулярно къ плоскости рисунка.

Если поле направлено къ задней сторонѣ плоскости, то на часть BC пластинки дѣйствуютъ лучи, которые описываютъ круговыя траекторіи, падаютъ на пластинку и пересѣкаютъ ее подъ прямымъ угломъ. Это — лучи β.

Беккерель показалъ, что дѣйствіе лучей на пластинку выражается широкой неясной полосой, настоящимъ непрерывнымъ спектромъ, показывающимъ, что пучокъ отклоняющихся лучей, которые испускаетъ источникъ, состоитъ изъ множества неодинаковоуклоняющихся лучей. Если покрыть чувствительный слой пластинки различными поглощающими экранами (изъ бумаги, стекла, металла), то одна часть спектра пропадаетъ; легко замѣтить, что лучи, наиболѣе отклоняющіеся магнитнымъ полемъ, поглощаются больше всего. Дѣйствіе на пластинку начинается только на извѣстномъ разстояніи отъ радіоактивнаго источника, причемъ это разстояніе тѣмъ больше, чѣмъ больше поглощаетъ экранъ.

Зарядъ отклоняемыхъ лучей. — Пэррэнъ показалъ, что катодные лучи заряжены отрицательнымъ электричествомъ [2]) и могутъ (Пэррэнъ и Ленаръ) [3]) переносить зарядъ сквозь металлическія оболочки, соединенныя съ землею, а также черезъ изоли-

[1]) Becquerel, Comptes rendus, t. CXXX, p. 206, 372, 810.

[2]) Comptes rendus, t. CXXI, p. 1130. Annales de Chimie et de Physique, t. II, 1897.

[3]) Lenard, Wied. Ann., t. LXIV, p. 279.

рующія пластинки. Всюду, гдѣ поглощаются катодные лучи, непрерывно освобождается отрицательное электричество. Мы видѣли, что то-же относится къ отклоняемымъ лучамъ β радія. Изъ этого слѣдуетъ, что отклоняемые лучи β радія заряжены отрицательнымъ электричествомъ [1]).

Помѣстимъ радіоактивное вещество на одинъ изъ дисковъ конденсатора, соединенный съ землей. Другой дискъ, соединенный съ электрометромъ получаетъ и поглощаетъ лучи, испускаемые веществомъ. Если бы лучи были заряжены электричествомъ, то это было-бы замѣтно на электрометрѣ. Этотъ опытъ, производившійся въ воздухѣ, не обнаружилъ заряда. Дѣло въ томъ, что въ такихъ условіяхъ воздухъ между дисками становился проводникомъ и неизолированный электрометръ не могъ обнаружить слабые заряды.

Можно избавиться отъ лучей α (мѣшающихъ иногда опыту), если покрыть радіоактивный источникъ тонкимъ металлическимъ экраномъ. Получится тотъ-же результатъ [2]).

Мы повторили этотъ опытъ въ воздухѣ, заставляя лучи проникать внутрь цилиндра Фарадэя, соединеннаго съ электрометромъ [3]). Опытъ опять не далъ никакихъ результатовъ.

Уже изъ предыдущихъ опытовъ видно было, что электрическій зарядъ лучей радіоактивнаго вещества былъ очень слабъ. Чтобы обнаружить слабое освобожденіе электричества на поглощающемъ лучи проводникѣ, необходима электрическая изоляція послѣдняго. Результатъ получается въ томъ случаѣ, если проводникъ находится въ трубкѣ съ выкаченнымъ воздухомъ или когда онъ окруженъ твердымъ діэлектрическимъ веществомъ. Для своего опыта мы пользовались послѣднимъ.

Дискъ-проводникъ MM (рис. 6) соединенъ съ электрометромъ помощью металлическаго стержня; дискъ и стержень окружены изолирующимъ веществомъ $iiii$, а весь аппаратъ покрытъ металлической оболочкой $EEEE$, находящейся въ электрическомъ сообщеніи съ землей. На одной изъ сторонъ диска изоляторъ pp и металлическая оболочка очень тонки. Эта сторона обращена къ

[1]) M. et M-me Curie, Comptes rendus, 5 марта 1900 г.

[2]) Надо замѣтить, что въ этихъ опытахъ каждый разъ наблюдалось отклоненіе электрометра. Но это отклоненіе является результатомъ электродвигательной силы соприкосновенія, существующей между дискомъ, который соединенъ съ электрометромъ и сосѣдними проводниками. Электромоторная сила, о которой идетъ рѣчь, отклоняетъ электрометръ благодаря проводимости воздуха, подверженнаго лучеиспусканію радія.

[3]) Цилиндръ Фарадэя не необходимъ, но онъ представляетъ нѣкоторыя удобства въ томъ случаѣ, когда замѣтно сильное распространеніе лучей: послѣдніе могутъ быть собраны помощью цилиндра и утилизированы.

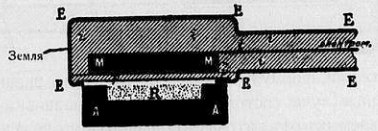
лучамъ радійсодержащей баріевой соли R, помѣщающейся снаружи въ свинцовомъ желобѣ [1]). Лучи, испускаемые радіемъ, проникаютъ металлическую оболочку и изолирующую пластинку pp и поглощаются металлическимъ дискомъ MM. Послѣдній представляетъ собой тогда мѣсто непрерывнаго и постояннаго освобожденія отрицательнаго электричества, обнаруживаемаго электрометромъ и измѣряемаго при помощи пьезоэлектрическаго кварца.

Этотъ токъ очень слабъ. Такъ для слоя активнаго радійсодержаго хлористаго барія поверхностью въ 2,5 кв. сантим. и толщиною въ 0,2 сантим. онъ равняется 10^{-11} амперъ. Прежде, чѣмъ быть поглощенными дискомъ MM, утилизируемые лучи проникли черезъ пластинку алюминія, толщиною въ 0,01 миллиметра и роговой каучукъ, толщиной въ 0,3 миллиметра.

Мы употребляли послѣдовательно свинцовый дискъ MM, мѣдный, цинковый, а изоляторъ то парафиновый, то каучуковый и получали одни и тѣ-же результаты.

Токъ ослабѣваетъ съ удаленіемъ радіоактивнаго источника R, а также при употребленіи менѣе активнаго вещества.

Рис. 6.



Тѣ-же результаты были получены нами при замѣнѣ диска MM цилиндромъ Фарадэя, наполненнымъ воздухомъ и окруженнымъ снаружи изолирующимъ веществомъ. Отверстіе цилиндра, закрытое тонкой изолирующей пластинкой pp, было обращено къ радіоактивному источнику.

Мы произвели обратный опытъ, помѣстивъ свинцовый жолобъ съ радіемъ посреди изолирующаго вещества и соединивъ его съ электрометромъ (рис. 7). Весь аппаратъ былъ окруженъ металлической оболочкой, соединенной съ землей.

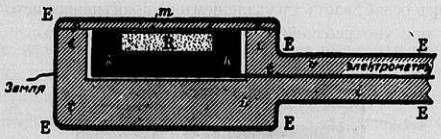
Въ этихъ условіяхъ мы видѣли по электрометру, что радій принимаетъ положительный зарядъ, равный по величинѣ отрица-

[1]) Изолирующая оболочка должна быть сплошной. Малѣйшая щель съ воздухомъ, идущимъ отъ внутренняго проводника до металлической оболочки является причиной тока. Послѣдній обязанъ своимъ существованіемъ электромоторнымъ силамъ соприкосновенія и проводимости воздуха подъ дѣйствіемъ радія.

тельному заряду перваго опыта. Лучи радія проникаютъ тонкую діэлектрическую пластинку *pp* и оставляютъ внутренній проводникъ, унося отрицательное электричество. Радіевые лучи α не принимаютъ участія въ этихъ опытахъ, такъ какъ они почти всецѣло поглощаются тонкимъ слоемъ вещества. Описанный нами методъ также не годится для изученія заряда полоніевыхъ лучей въ виду малой проникаемости послѣднихъ. Полоній, испускающій только лучи α, не обнаружилъ никакого заряда, но это не даетъ еще намъ право, какъ мы говорили, выводить какія-бы то ни было заключенія.

Отклоняющіеся радіевые лучи β, такъ-же, какъ и катодные лучи, переносятъ электричество. Зная, что электрическіе заряды всегда находятся въ связи съ веществомъ, необходимо положить, что испусканіе радіемъ отклоняющихся лучей β объясняется съ точки зрѣнія современной теоріи катодныхъ лучей. По этой (бал-

Рис. 7.



листической) теоріи, формулированной Круксомъ и развитой Томсономъ, катодные лучи состоятъ изъ крайне маленькихъ частичекъ, отбрасываемыхъ отъ катода съ большой скоростью и заряженныхъ отрицательнымъ электричествомъ. Легко себѣ представить, что радій также испускаетъ отрицательно-заряженныя частички.

Радій, заключенный въ твердую, изолирующую, тонкую оболочку, самопроизвольно заряжается до высокаго потенціала. По баллистической гипотезѣ потенціалъ долженъ возрастать до тѣхъ поръ, пока разности потенціаловъ между радіемъ и окружающими проводниками воспрепятствуетъ удаленію электризованныхъ частичекъ, которыя возвратятся тогда къ радіоактивному источнику.

Совершенно случайно мы произвели подобный опытъ. Образчикъ активнаго радія находился долго въ стеклянномъ пузырькѣ. Мы провели стекляннымъ ножомъ черту на пузырькѣ съ тѣмъ, чтобы открыть его. Въ этотъ моментъ мы явственно услышали трескъ искры. Осмотрѣвъ въ лупу пузырекъ, мы увидѣли, что стекло было прорѣзано искрой въ томъ мѣстѣ, гдѣ оно было тоньше (гдѣ была проведена черта). Это явленіе совершенно аналогично пробитью сильно заряженной Лейденской банки. Опытъ

былъ воспроизведенъ съ другимъ пузырькомъ. Въ тотъ моментъ, когда раздался трескъ, г-нъ Кюри, державшій пузырекъ, почувствовалъ въ пальцахъ толчекъ отъ электрическаго разряда.

Если заключить радій въ запаянный пузырекъ (изъ хорошо изолирующаго стекла), то можно ожидать, что онъ когда-нибудь произвольно лопнетъ.

Радій является первымъ тѣломъ, обладающимъ способностью произвольно заряжаться электричествомъ.

Дѣйствіе электрическаго поля на отклоняющіеся радіевые лучи β. — Отклоняющіеся радіевые лучи β, похожіе на катодные лучи, должны, подобно послѣднимъ, отклоняться подъ вліяніемъ электрическаго поля. Другими словами: лучи β должны отклоняться подобно матеріальной частицѣ, заряженной отрицательнымъ электричествомъ и брошенной съ большой скоростью въ пространство. Существованіе этого отклоненія было обнаружено съ одной стороны Дорномъ [1]) а съ другой Беккерелемъ [2]).

Разсмотримъ лучъ, проходящій пространство между двумя дисками конденсатора. Предположимъ, что онъ параллеленъ дискамъ. Если установить между послѣдними электрическое поле, то лучъ подвергается вліянію этого поля, равномѣрнаго на всей длинѣ пути l въ конденсаторѣ. Лучъ отклоняется по направленію къ положительному диску и описываетъ дугу параболы. По выходѣ изъ поля онъ продолжаетъ свой путь по прямой линіи, касательной къ дугѣ параболы въ точкѣ выхода. Можно получить лучъ на фотографической пластинкѣ, перпендикулярной къ первоначальному направленію. Дѣйствіе на пластинку наблюдается въ два момента; когда поле равно нулю и когда оно равно извѣстной величинѣ. Отсюда выводится величина отклоненія δ, которая представляетъ собой разстояніе между тѣми точками, гдѣ новое и старое направленія луча встрѣчаютъ одну и ту-же плоскость, перпендикулярную къ первоначальному направленію. Обозначивъ буквой h разстояніе между этой плоскостью и конденсаторомъ (т.-е. предѣломъ поля), мы найдемъ отклоненіе δ изъ простого выраженія

$$\delta = \frac{eFl\left(\frac{l}{2}+h\right)}{mv^2}$$

(m — масса движущейся частички, e — ея зарядъ, v — скорость ея, а F — сила поля).

[1]) Dorn, Abh. Halle, мартъ 1900 г.

[2]) Becquerel. Comptes rendus, t. CXXX, p. 819.

Опыты Беккереля дали ему возможность найти приблизительную величину δ.

Отношеніе между зарядомъ и массою частички, испускаемой радіемъ и заряженной отрицательнымъ электричествомъ.—Если матеріальная частичка массы m и отрицательнаго заряда e выбрасывается со скоростью v въ равномѣрное магнитное поле, перпендикулярное къ ея начальной скорости, то эта частица описываетъ въ плоскости, перпендикулярной полю и проходящей съ начальной скоростью дугу круга съ радіусомъ ρ мы получимъ соотношеніе

$$H\rho = \frac{m}{e}v$$

(H — сила поля). Если бы мы измѣрили въ магнитномъ полѣ электрическое отклоненіе (δ) луча и радіусъ ρ, то изъ этихъ двухъ опытовъ можно было-бы вычислить величину отношенія $\frac{e}{m}$ и скорости v. Опыты Беккереля впервые показали, что отношеніе $\frac{e}{m}$ приблизительно равняется 10^7 абсолютныхъ электромагнитныхъ единицъ, а $v = 1{,}6 \times 10^{10}$. Эти величины равны тѣмъ, которыя найдены для катодныхъ лучей.

Точные опыты были произведены въ этомъ направленіи Кауфманномъ [1]). Послѣдній подвергъ узкій пучокъ радіевыхъ лучей одновременному дѣйствію электрическаго и магнитнаго полей, которыя отличались равномѣрностью и одинаковымъ направленіемъ, перпендикулярнымъ къ первоначальному направленію пучка. Слѣдъ, оставленный на пластинкѣ, перпендикулярной къ первоначальному пучку и находящейся за предѣлами поля (по отношенію къ источнику), принимаетъ форму кривой, каждая точка которой соотвѣтствуетъ одному изъ лучей первоначальнаго разнороднаго пучка. Наиболѣе проникающими и наименѣе отклоняющимися лучами оказались лучи наибольшей скорости.

Изъ опытовъ Кауфмана видно, что для радіевыхъ лучей, скорость которыхъ значительно больше скорости катодныхъ лучей, отношеніе $\frac{e}{m}$ уменьшается съ возрастаніемъ скорости.

Согласно работамъ Томсона и Тоунзенда [2]), движущаяся частица, составляющая лучъ, обладаетъ зарядомъ e, равнымъ заряду атома водорода въ электролизѣ. Этотъ зарядъ одинаковъ для всѣхъ лучей. Изъ этого слѣдуетъ, что масса частицы m увеличивается съ возрастаніемъ скорости.

[1]) Kaufmann, Nachrichten d. k. Gesellschaft d. Wissensch. zu Goettingen, Heft 2.

[2]) Thomson, Phil. Mag., t. XLVI, 1898.—Townsend, Phil. Trans., t. CXCV, 1901.

Изъ теоретическихъ соображеній намъ извѣстно, что инерція частицы зависитъ отъ движенія его заряда по той причинѣ, что скорость движущагося электрическаго заряда не можетъ быть измѣнена безъ траты энергіи. Другими словами: инерція частицы обусловливается электромагнитной причиной и масса частицы представляетъ собой (по крайней мѣрѣ частью) электромагнитную массу. Абрагамъ [1]) предполагаетъ даже, что масса частицы всецѣло является электромагнитной массой. Если вычислить въ этой гипотезѣ величину массы m для опредѣленной скорости v, то мы найдемъ, что m безконечна, когда v приближается къ скорости свѣта; m приближается къ постоянной величинѣ, если скорость v гораздо меньше скорости свѣта. Опыты Кауфманна согласуются съ этой замѣчательной теоріей, позволяющей предвидѣть основы механики, какъ динамики маленькихъ матеріальныхъ заряженныхъ центровъ въ состояніи движенія [2]).

Кауфманнъ получилъ слѣдующія числа для $\frac{e}{m}$ и v:

$\frac{e}{m}$ въ электромагн. единицахъ.	v $\frac{\text{сантим.}}{\text{сек.}}$	
$1{,}865 \times 10^7$	$0{,}7 \times 10^{10}$	для катодныхъ лучей (по Симону).
$1{,}31 \times 10^7$	$2{,}36 \times 10^{10}$	для радіевыхъ лучей (по Кауфманну).
$1{,}17 \times 10^7$	$2{,}48 \times 10^{10}$	
$0{,}97 \times 10^7$	$2{,}59 \times 10^{10}$	
$0{,}77 \times 10^7$	$2{,}72 \times 10^{10}$	
$0{,}63 \times 10^7$	$2{,}83 \times 10^{10}$	

Изъ сравненія своихъ опытовъ съ теоріей Кауфманнъ вывелъ заключеніе, что предѣльная величина отношенія $\frac{e}{m}$ для радіевыхъ лучей, сравнительно малой скорости, равна величинѣ $\frac{e}{m}$ для катодныхъ лучей.

[1]) Abraham, Nachrichten d. k. Gesellsch. d. Wiss. zu Goettingen, 1902, Heft 1.

[2]) Этотъ вопросъ разработанъ въ диссертаціи Ланжвэна (M. Langiven), гдѣразсматриваются также заряженные матеріальные центры (электроны).

Опыты Кауфманна производились надъ маленькимъ зернышкомъ чистаго хлористаго радія, представленнаго нами въ его распоряженіе.

Кауфманнъ нашелъ, между прочимъ, что нѣкоторые радіевые лучи β обладаютъ скоростью, близкой къ скорости распространенія свѣта. Понятно, что эти скорые лучи могутъ обладать способностью проникать черезъ матерію.

Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи α. — Недавно Рутерфордъ [1]) нашелъ, что въ сильномъ электрическомъ или магнитномъ полѣ радіевые лучи α слегка отклоняются на подобіе положительно-наэлектризованныхъ частичекъ, находящихся въ быстромъ движеніи. Рутерфордъ вывелъ заключеніе, что скорость лучей α равна $2{,}5 \times 10^9 \frac{\text{сант.}}{\text{сек.}}$, а отношеніе $\frac{e}{m} = 6, \times 10^3$, т. е. въ 10^4 разъ больше, чѣмъ для отклоняющихся лучей β. Дальше мы увидимъ, что эти выводы согласуются съ вышеуказанными свойствами лучей α и уясняютъ (по крайней мѣрѣ отчасти) законъ поглощенія этихъ лучей.

Опыты Рутерфорда были подтверждены Беккерелемъ. Послѣдній показалъ даже, что въ магнитномъ полѣ полоніевые лучи испытываютъ тѣ-же дѣйствія, какъ радіевые лучи α, описывая туже кривую въ одинаковомъ полѣ. Изъ опытовъ Беккереля видно также, что лучи α не даютъ магнитнаго спектра, а скорѣе похожи на однородные, одинаково отклоняющіеся лучи [2]).

Де-Кудръ измѣрилъ въ безвоздушномъ пространствѣ электрическое и магнитное отклоненія радіевыхъ лучей α. Онъ нашелъ, что скорость v этихъ лучей равна $1{,}65 \times 10^9 \frac{\text{сант.}}{\text{сек.}}$, а отношеніе заряда къ массѣ $\frac{e}{m} = 6400$ электромагнитныхъ единицъ [3]). Скорость лучей α, очевидно, меньше скорости распространенія свѣта въ 20 разъ. Отношеніе $\frac{e}{m}$ равно тому-же отношенію, какъ для водорода при электролизѣ, а именно 9650. Если допустить, что зарядъ частицы тотъ-же, что и зарядъ атома водорода въ электролизѣ, то масса этой частицы должна равняться массѣ атома водорода.

Мы только что видѣли, что для катодныхъ лучей и для самыхъ медленныхъ радіевыхъ лучей β отношеніе $\frac{e}{m}$ равно $1{,}865 \times 10^7$; это

[1]) Rutherford, Physik. Zeitschrift, 15 января 1903 г.
[2]) Becquerel, Comptes rendus 26 января и 16 февраля 1903 г.
[3]) Des-Coudres, Physik. Zeitsehrift, 1 іюня 1903 г.

отношеніе почти въ 2,000 разъ больше отношенія, полученнаго въ электролизѣ. Принимая зарядъ отрицательно заряженной частички равнымъ заряду атома водорода, мы должны принять, что ея масса для относительно слабыхъ скоростей въ 2,000 разъ меньше массы атома водорода.

Очевидно, что частицы, составляющія лучи β, гораздо меньше частицъ, составляющихъ лучи α, движутся гораздо скорѣе послѣднихъ и вслѣдствіе этого отличаются большей способностью проникать черезъ матерію.

Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи другихъ радіоактивныхъ веществъ. — Мы видѣли, что радій испускаетъ лучи α, похожіе на Круксовы лучи, лучи β, напоминающіе катодные лучи, и проникающіе и вмѣстѣ съ тѣмъ не отклоняющіеся лучи γ. Полоній испускаетъ одни только лучи α. Изъ другихъ радіоактивныхъ веществъ актиній напоминаетъ радій. Надо, впрочемъ, замѣтить, что лучеиспусканіе актинія не такъ тщательно изучено, какъ лучи радія. Что-же касается веществъ со слабой радіоактивностью, то въ настоящее время извѣстно, что уранъ и торій испускаютъ какъ лучи α, такъ и отклоняющіеся лучи β (Беккерель, Рутерфордъ).

Количество отклоняющихся лучей β въ радіевыхъ лучахъ. — Количество лучей β возрастаетъ по мѣрѣ удаленія отъ радіоактивнаго источника. Но эти лучи никогда не бываютъ одни и на большихъ разстояніяхъ всегда замѣчается присутствіе лучей γ. Присутствіе въ лучахъ радія неотклоняющихся проникающихъ лучей впервые наблюдалось Вилломъ [1]). Эти лучи составляютъ только очень небольшую часть лучей, измѣренныхъ помощью электрическаго метода; ихъ присутствіе ускользнуло отъ нашего вниманія въ нашихъ первыхъ опытахъ и мы вывели тогда ошибочное заключеніе, что на большомъ разстояніи можно обнаружить только отклоняющіеся лучи.

Слѣдующіе численные результаты были получены въ этихъ опытахъ помощью электрическаго метода приборомъ, аналогичнымъ тому, что представленъ на рис. 5. Радій отдѣлялся отъ конденсатора только окружающимъ воздухомъ. Я обозначила буквою d разстояніе, отдѣляющее источникъ отъ конденсатора. Принимая за 100 токъ, полученный безъ магнитнаго поля для каждаго разстоянія, я помѣстила на второй строчкѣ числа, выражающія токъ во время дѣйствія поля. Эти числа выражаютъ процентное отношеніе

[1]) Villard, Comptes rendus, t. CXXX, p. 1010.

всѣхъ лучей α и γ. Отклоненіе лучей α не наблюдалось въ данномъ случаѣ:

На большихъ разстояніяхъ нѣтъ лучей α и неотклоняющіеся лучи представляютъ собой лучи γ.

Опыты на маломъ разстояніи:

d въ сантиметрахъ	3,4	5,1	6,0	6,5
На 100 неотклоняющ. лучей.	74	56	33	11

Другіе опыты производились на большихъ разстояніяхъ съ болѣе активнымъ веществомъ:

d въ сантиметрахъ . .	14	30	53	80	98	124	157
На 100 уклоняющихся лучей	12	14	17	14	16	14	11

Мы видимъ, что, начиная съ извѣстнаго разстоянія, количество неотклоняющихся лучей постоянно. Всѣ эти лучи относятся вѣроятно къ роду γ. Не слѣдуетъ принимать въ разсчетъ всѣ неправильности въ числахъ второй линіи по той причинѣ, что вся интенсивность тока обоихъ опытовъ относится другъ къ другу какъ 660 къ 10. Измѣренія производились на разстояніи 1,57 метра отъ радіоактивнаго источника, а въ настоящее время мы можемъ пойти даже дальше въ своихъ опытахъ.

Слѣдующіе опыты производились съ радіемъ, заключавшимся въ крайне узкой стеклянной трубкѣ, которая помѣщалась подъ конденсаторомъ параллельно дискамъ. Испускаемые лучи прошли черезъ стекло и воздухъ, прежде чѣмъ вступить въ конденсаторъ.

d въ сантиметрахъ. .	2,5	3,3	4,1	5,9	7,5	9,6	11,3	13,9	17,2
На 100 неукл. лучей.	33	33	21	16	14	10	9	9	10

Числа второй линіи приближаются (какъ и въ предыдущихъ опытахъ) къ постоянной величинѣ съ возрастаніемъ разстоянія, но предѣлъ достигается въ данномъ случаѣ на меньшихъ разстояніяхъ, чѣмъ въ предыдущихъ серіяхъ по той причинѣ, что лучи α больше поглощаются стекломъ, чѣмъ лучи β и γ.

Другой опытъ показалъ, что тонкая алюминіевая пластинка (толщиною въ 0,01 миллиметра) поглощаетъ главнымъ образомъ лучи α. Помѣщая вещество на разстояніи 5 сантим. отъ конденсатора и пользуясь магнитнымъ полемъ, можно убѣдиться, что лучи α поглощаются пластинкой, а остальные отклоняются магнитнымъ полемъ. Тотъ же результатъ получается при употребленіи бумаги въ качествѣ поглощающаго экрана.

Бо́льшая часть радіевыхъ лучей состоитъ изъ лучей α, вѣроятно, испускаемыхъ (главнымъ образомъ) верхнимъ слоемъ радіоактивнаго вещества. Интенсивность тока возрастаетъ съ толщиной активнаго вещества, но не пропорціонально. Это возрастаніе менѣе значительно для лучей α, чѣмъ для лучей β, число которыхъ увеличивается съ толщиной активнаго слоя. Если источникъ помѣщается на разстояніи 5 сантиметровъ отъ конденсатора, то при толщинѣ активнаго слоя въ 0,4 миллиметра все лучеиспусканіе равняется 28 процентамъ, а лучи β — 29 процентамъ. При толщинѣ слоя въ 2 миллим. (т. е. въ 5 разъ больше предыдущаго) общее количество лучей равно 102, а количество отклоняющихся лучей β — 45 проц.

Въ послѣднемъ опытѣ общее лучеиспусканіе больше предыдущаго въ 3,6 раза, а количество отклоняющихся лучей β въ 5 разъ.

Предыдущіе опыты производились помощью электрическаго метода. Если пользоваться радіографическимъ методомъ, то можно наткнуться на результаты противорѣчащіе предыдущимъ.

Въ опытахъ Віара пучокъ радіевыхъ лучей, подверженныхъ дѣйствію магнитнаго поля, принимался кучей фотографическихъ пластинокъ. Неотклоняющійся и проникающій пучокъ γ проникалъ черезъ всѣ пластинки и оставлялъ слѣдъ на каждой изъ нихъ. Отклонившійся пучокъ β оставилъ слѣдъ только на первой пластинкѣ и, повидимому, не содержалъ лучей большой проникаемости. Въ нашихъ же опытахъ пучекъ лучей, распространяющійся въ воздухѣ, содержитъ на самыхъ большихъ, доступныхъ наблюденію, разстояніяхъ около $^9/_{10}$ отклоняющихся лучей β. Тоже наблюдалось въ томъ случаѣ, когда радіоактивный источникъ находился въ запаянномъ стекляномъ пузырькѣ.

Въ опытахъ Віара отклоняющіеся и проникающіе лучи β не дѣйствуютъ на фотографическія пластинки, лежащія за первой пластинкой, которая разсѣяла эти лучи во всѣ стороны.

Въ нашихъ опытахъ лучи, испускаемые радіемъ и передаваемые черезъ стекло пузырька, очевидно разсѣивались стекломъ; но въ виду малости пузырька, послѣдній самъ дѣйствовалъ какъ источникъ отклоняемыхъ лучей β, исходяшихъ съ его поверхности и которыя мы могли наблюдать на большомъ разстояніи отъ пузырька.

Катодные лучи Круксовыхъ трубокъ способны проникать только очень тонкіе экраны (алюминіевые экраны, толщиною не больше 0,01 миллим.). Пучокъ лучей, перпендикулярно къ экрану, разсѣивается во всѣ стороны въ большей или меньшей степени въ зависимости отъ толщины экрана. По выходѣ изъ крайне тонкаго

экрана нѣкоторые лучи являются продолженіемъ вошедшаго туда пучка лучей [1]).

На отклоняющихся радіевыхъ лучахъ β наблюдается то-же самое съ тѣмъ только различіемъ, что передающійся отклоняющійся пучокъ лучей претерпѣваетъ гораздо меньшее измѣненіе при одинаковой толщинѣ экрана. Изъ опытовъ Беккереля извѣстно, что сильно-отклоняющіеся радіевые лучи β (распространяющіеся съ наименьшей скоростью) сильно разсѣиваются алюминіевымъ экраномъ толщиною въ 0,1 миллиметра. Что касается проникающихъ и мало-отклоняющихся лучей (скорыхъ лучей катоднаго порядка), то они проникаютъ черезъ этотъ экранъ, не претерпѣвая при этомъ замѣтнаго разсѣянія и не измѣняя формы составляемаго ими пучка въ зависимости отъ наклоненія экрана. Скоро распространяющіеся лучи β обладаютъ способностью проникать, не разсѣиваясь, черезъ болѣе толстый слой парафина (нѣсколько сантиметровъ), въ которомъ можно прослѣдить изгибъ пучка подъ вліяніемъ магнитнаго поля. Чѣмъ толще экранъ и чѣмъ большей способностью поглощенія обладаетъ вещество его, тѣмъ большее измѣненіе претерпѣваетъ первоначальный отклоняющійся пучокъ. Это объясняется тѣмъ, что съ возрастаніемъ толщины экрана разсѣяніе даетъ себя чувствовать на все новыхъ родахъ лучей большой проникаемости.

Сильно отклоняющіеся лучи β замѣтно разсѣиваются даже подъ вліяніемъ воздуха, но это разсѣяніе меньше того разсѣянія, которое обусловливается твердыми веществами той-же толщины. Вотъ почему отклоняющіеся радіевые лучи β проходятъ въ воздухѣ большія разстоянія.

Проникающая способность лучей, испускаемыхъ радіоактивными тѣлами. — Съ самаго начала изслѣдованій надъ радіоактивными тѣлами удѣлялось много вниманія поглощенію различными экранами лучей, испускаемыхъ этими тѣлами.

Въ своихъ первыхъ замѣткахъ по этому вопросу [2]) я привела нѣсколько чиселъ, указывающихъ на относительную проникаемость урановыхъ и торіевыхъ лучей. Рутерфордъ занялся спеціальнымъ изученіемъ урановыхъ лучей [3]) и доказалъ ихъ разнородность. То-же заключеніе вывелъ Оуэнсъ для торіевыхъ лучей [4]). Когда вслѣдъ за этими изслѣдованіями были открыты сильно-радіоактивныя вещества, проникающая способность ихъ лучей подверглась старательному изученію со стороны многихъ физиковъ (Беккереля, Мейера и фонъ-Швейдлера, Кюри, Рутерфорда). Первыя надлюденія обнаружили разнородность лучей, испускаемыхъ всякими радіоактивными веществами [1]). Другими словами: послѣднія испускаютъ разные лучи различной проникаемости. Этотъ вопросъ осложняется тѣмъ обстоятельствомъ, что природа лучей измѣняется съ прохожденіемъ черезъ разныя вещества, и опредѣленное измѣреніе выражаетъ только результатъ опредѣленнаго опыта.

[1]) Des Coudres, Physik. Zeitschrift, ноябрь 1902 г.
[2]) M-me Curie, Comptes rendus, апрѣль 1898 г.
[3]) Rutherford, Phil. Mag., январь 1899 г.
[4]) Owens, Phil. Mag., октябрь 1899 г.

Усвоивъ себѣ вышеизложенное, можно заняться изученіемъ соотношенія между различными опытами и изложеніемъ общихъ результатовъ.

Радіоактивныя тѣла испускаютъ лучи, распространяющіеся въ воздухѣ и въ безвоздушномъ пространствѣ. Распространеніе совершается по прямой линіи, что доказывается формой тѣней непрозрачныхъ тѣлъ, помѣщающихся между источникомъ и чувствительной пластинкой или между источникомъ небольшихъ размѣровъ и флюоресцирующимъ экраномъ, который служитъ въ качествѣ пріемника. Прямолинейное распространеніе лучей, испускаемыхъ ураномъ, радіемъ и полоніемъ, было доказано Беккерелемъ экспериментальнымъ путемъ [2]).

Большой интересъ представляетъ разстояніе, проходимое лучами отъ источника. Мы имѣли случай убѣдиться, что радіевые лучи могутъ проходить въ воздухѣ нѣсколько метровъ. Электрическія измѣренія показали намъ, что дѣйствіе источника на воздухъ конденсатора совершается на разстояніи 2—3 метровъ. На такомъ-же разстояніи мы наблюдали проявленія флюоресценціи и радіографическія дѣйствія. Эти опыты легко выполнимы только съ очень интенсивными радіоактивными источниками по той причинѣ, что, независимо отъ поглощенія лучей воздухомъ, дѣйствіе на данный пріемникъ варіируетъ обратно-пропорціонально квадрату разстоянія отъ источника малыхъ размѣровъ. Эти-то радіевые лучи (распространяющіеся на большомъ разстояніи) заключаютъ какъ катодные, такъ и неотклоняемыя лучи, причемъ, какъ мы выше видѣли, преобладаютъ отклоняемыя лучи. Большая-же часть

[1]) Becquerel, Rapports au Congrès de Physique, 1900. — Meyer et von Schweidler, Comptes rendus de l'Acad. de Vienne, мартъ 1900 г. (Physik. Zeitschrift, т. I, стр. 209).
[2]) Becquerel, Comptes rendus, t. CXXX, p. 979 и 1154.

лучей (лучи α) распространяется въ воздухѣ на разстояніе, не превышающее семи сантиметровъ.

Я произвела нѣсколько опытовъ надъ радіемъ, заключеннымъ въ маленькій стекляный пузырекъ. По выходѣ изъ пузырька лучи проходили нѣкоторое разстояніе въ воздухѣ и принимались конденсаторомъ, измѣрявшимъ ихъ іонизирующую способность помощью обыкновеннаго электрическаго метода. Я измѣняла разстояніе d между источникомъ и конденсаторомъ и измѣряла токъ насыщенія i, полученный въ конденсаторѣ. Получились слѣдующіе результаты:

d (въ сантиметрахъ).	i	$(i \times d^2) \times 10^3$
10	127	13
20	38	15
30	17,4	16
40	10,5	17
50	6,9	17
60	4,7	17
70	3,8	19
100	1,65	17

Начиная съ извѣстнаго разстоянія интенсивность лучеиспусканія варіируетъ обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ конденсатора.

Лучи полонія распространяются въ воздухѣ только на нѣсколько сантиметровъ (4 — 6) отъ источника.

Основныя различія между радіемъ и полоніемъ наблюдаются также на различной поглощаемости ихъ лучей твердыми экранами. Радій испускаетъ лучи, обладающіе способностью проникать твердыя вещества значительной толщины (нѣсколько сантиметровъ свинца или стекла [1]). Такіе лучи большой проникаемости не поглощаются всецѣло никакими веществами. Но они составляютъ только небольшую часть всѣхъ лучей, тогда какъ большая часть поглощается твердымъ веществомъ незначительной толщины. Полоній испускаетъ лучи, которые поглощаются даже самыми тонкими экранами.

Приведу въ качествѣ примѣра нѣсколько чиселъ, выражающихъ поглощеніе лучей разныхъ радіоактивныхъ веществъ алюминіевой пластинкой, толщиной въ 0,01 миллиметра. Пластинка помѣщалась надъ радіоактивнымъ веществомъ по близости отъ

[1]) M. et M-me Curie, Rapports au Congrès 1900.

него (почти касаясь его). Прямое лучеиспусканіе и лучи передававшіеся пластинкой, измѣрялись помощью электрическаго метода (рис. 1). Во всѣхъ случаяхъ былъ достигнутъ токъ насыщенія. Принимая радіоактивность урана за единицу, я обозначила буквой a радіоактивность слѣдующихъ веществъ:

	a	Часть лучей, передававшихся пластинкой.
Радійсодержащій хлористый барій . . .	57	0,32
» бромистый » . . .	43	0,30
» хлористый » . . .	1200	0,30
» сѣрнокислый » . . .	5000	0,29
» » » . . .	10000	0,32
Полоній содерж. мет. висмутъ	—	0,22
Урановыя соединенія	—	0,20
Тонкій слой торіевыхъ соединеній . . .	—	0,38

Изъ приведенной таблицы видно, что различныя по природѣ и радіоактивности соединенія, содержащія радій, даютъ аналогичные результаты. Въ началѣ настоящаго труда мы видѣли то-же самое на урановыхъ и торіевыхъ соединеніяхъ. Изъ настоящей таблицы видно, кромѣ того, что для данной поглощающей пластинки различныя радіоактивныя вещества располагаются въ слѣдующемъ порядкѣ по убывающей степени проникаемости ихъ лучей: торій, радій, полоній, уранъ [1]).

Эти результаты аналогичны тѣмъ результатамъ, которые были опубликованы Рутерфордомъ въ журналѣ: Phil. Mag. за іюль 1902 г.

Рутерфордъ нашелъ также, что данный порядокъ сохраняется и въ томъ случаѣ, когда поглощающимъ веществомъ является воздухъ. Надо, впрочемъ, замѣтить, что этотъ порядокъ не представляетъ собой абсолютнаго порядка и не зависимъ отъ природы и толщины даннаго экрана. Извѣстно, напримѣръ, изъ опыта, что законъ поглощенія различенъ для полонія и радія, причемъ въ послѣднемъ слѣдуетъ различать различную поглощаемость лучей каждой изъ трехъ группъ.

Полоній былъ особенно удобенъ для изученія лучей α. (Имѣвшіеся въ нашемъ распоряженіи образчики полонія не испускали

[1]) Другими словами: проникаемость лучей торія наибольшая, а урана—наименьшая. *Прим. перев.*

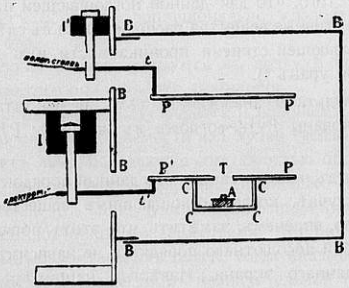
другихъ лучей). Изъ первыхъ своихъ опытовъ надъ недавно-приготовленными, активными препаратами полонія я вывела заключеніе, что полоніевые лучи тѣмъ больше поглощаются, чѣмъ толще слой вещества, уже пройденный ими [1]). Этотъ законъ особаго поглощенія находится въ противорѣчіи съ закономъ поглощенія другихъ лучей.

Для изученія лучей полонія я пользовалась нашимъ аппаратомъ, служащимъ для измѣренія электрической проводимости:

Оба диска конденсатора PP и $P'P'$ (рис. 8) имѣютъ горизонтальное направленіе и помѣщаются въ металлической коробкѣ $BBBB$, соединенной съ землей. Активное тѣло A, находящееся въ толстой металлической коробкѣ $CCCC$, соединенной съ дискомъ $P'P'$, дѣйствуетъ на воздухъ конденсатора черезъ металлическую сѣтку T; только тѣ лучи, которые проникаютъ черезъ сѣтку, утилизируются для образованія тока, такъ какъ электрическое поле прекращается у сѣтки. Разстояніе AT между радіоактивнымъ тѣломъ и сѣткой можно по желанію увеличивать или уменьшать. Между дисками устанавливается токъ помощью вольтова столба; токъ измѣряется электрометромъ и пьезоэлектрическимъ кварцомъ.

Помѣщая на A (радіоактивное тѣло) различные экраны и измѣняя разстояніе AT, можно измѣрить поглощеніе лучей, распространяющихся въ воздухѣ на большее или меньшее разстояніе.

Рис. 8.



Изслѣдованія полонія дали слѣдующіе результаты:

Если разстояніе AT не меньше 4 сантиметровъ, то токъ не проходитъ и лучи не проникаютъ въ конденсаторъ. Съ уменьшеніемъ разстоянія AT лучи появляются въ конденсаторѣ до того внезапно, что при незначительномъ уменьшеніи пространства слабый токъ сразу замѣняется довольно сильнымъ. Токъ продолжаетъ возрастать съ дальнѣйшимъ приближеніемъ радіоактивнаго тѣла къ сѣткѣ T.

[1]) M-me Curie, Comptes rendus, 8 января 1900 г.

Если накрыть радіоактивное вещество пластинкой прокатнаго алюминія, толщиною въ 0,01 миллиметра, то можно замѣтить, что поглощеніе тѣмъ больше, чѣмъ больше разстояніе AT.

Если положить на первую алюміневую пластинку другую пластинку изъ того-же металла и той-же толщины, то каждая пластинка поглотитъ только часть получаемыхъ ею лучей, причемъ вторая пластинка поглощаетъ больше первой.

Въ слѣдующей таблицѣ я привела въ первой строкѣ разстоянія (въ сантиметрахъ) между полоніемъ и сѣткой T, во второй — количество лучей (по отношенію къ 100), прошедшее черезъ одну алюміневую пластинку, а въ третьей строчкѣ количество лучей (по отношенію къ 100), прошедшее черезъ двѣ одинаковыя алюміневыя пластинки.

Разстояніе AT	3,5	2,5	1,9	1,45	0,5
На 100 лучей передано пластинкой	0	0	5	10	25
На 100 лучей передано обѣими пластинками.	0	0	0	0	0,7

Въ этихъ опытахъ разстояніе между дисками PP' равнялось тремъ сантиметрамъ. При помѣщеніи между ними алюміневой пластинки интенсивность лучеиспусканія уменьшается въ отдаленныхъ областяхъ въ бо́льшей мѣрѣ, чѣмъ въ близкихъ. Это дѣйствіе гораздо сильнѣе, чѣмъ указываютъ предшествовавшія числа. Число 25, выражающее количество проникающихъ лучей (по отношенію къ 100) на 0,5 сантиметра, представляетъ собой ариѳметическое среднее всѣхъ лучей (изъ которыхъ нѣкоторые обладаютъ очень малой проникаемостью). Если собирать только тѣ лучи, разстояніе AT которыхъ колеблется между 0,5 и однимъ сантиметромъ, то мы увидимъ, что они обладаютъ гораздо большей проникаемостью. Стоитъ приблизить дискъ P на 0,5 сантиметровъ отъ P' и алюміневая пластинка передастъ (при $AT=$ 0,5 сантим.) 47 процентовъ всѣхъ лучей, а обѣ пластинки пять процентовъ.

Недавно я произвела цѣлый рядъ опытовъ надъ тѣми самыми препаратами полонія, которые служили мнѣ три года тому назадъ и радіоактивность которыхъ значительно уменьшилась за это время.

Въ старыхъ опытахъ полоній былъ въ видѣ основной азотнокислой соли, а въ недавно произведенныхъ мною опытахъ въ видѣ

металлическихъ зеренъ, полученныхъ путемъ плавленія основной азотнокислой соли съ ціанистымъ каліемъ.

Въ своихъ основныхъ чертахъ лучеиспусканіе полонія осталось тѣмъ же, но кромѣ этого я получила нѣсколько новыхъ результатовъ. Количество лучей, проходящее, при различныхъ значеніяхъ разстоянія AT, черезъ экранъ, состоящій изъ четырехъ лежащихъ другъ на другѣ тонкихъ листовъ кованаго алюминія, будетъ:

Разстояніе AT въ сантиметрахъ	0	1,5	2,6
На 100 лучей проходятъ	76	66	39

Я убѣдилась также, что часть лучей, поглощаемая даннымъ экраномъ, возрастаетъ съ толщиной вещества, которое уже пройдено лучами. Но это вѣрно, только начиная съ извѣстнаго значенія разстоянія AT. Если разстояніе, о которомъ идетъ рѣчь, равно нулю (когда полоній почти соприкасается съ сѣткой снаружи или внутри конденсатора), то каждый изъ нѣсколькихъ одинаковыхъ, лежащихъ другъ на другѣ, листовъ поглощаетъ одинаковую часть получаемыхъ имъ лучей. Другими словами: интенсивность лучеиспусканія уменьшается по показательной функціи въ зависимости отъ толщины пройденнаго вещества, какъ это имѣло-бы мѣсто для однороднаго лучеиспусканія, прошедшаго черезъ пластинку безъ измѣненія природы лучей. Эти опыты дали слѣдующіе результаты:

Для разстоянія AT въ 1,5 сантиметра тонкій алюминіевый листокъ пропускаетъ 0,51 получаемыхъ имъ лучей (когда онъ одинъ) и 0,34 лучей, если ему предшествуетъ такой-же листокъ. Если разстояніе AT равно нулю, то этотъ самый листокъ пропускаетъ въ обоихъ случаяхъ одно и то же количество получаемыхъ имъ лучей, а именно 0,71. Это количество, очевидно, больше предыдущаго.

Слѣдующіе два ряда чиселъ указываютъ отношеніе прошедшихъ лучей къ лучамъ, полученнымъ каждымъ изъ лежащихъ другъ на другѣ листковъ. (Разстояніе $AT = 0$):

Рядъ очень тонкихъ 9 листовъ мѣди.	Рядъ очень тонкихъ 7 листовъ алюминія.
0,72	0,69
0,78	0,94
0,75	0,95
0,77	0,91
0,70	0,92
0,77	0,93
0,69	0,91
0,79	—
0,68	—

Числа каждаго ряда могутъ считаться постоянными при тѣхъ трудностяхъ, которыя связаны съ употребленіемъ очень тонкихъ листковъ, лежащихъ другъ на другѣ. Одно только первое число второго ряда указываетъ на бо́льшее поглощеніе, чѣмъ поглощеніе, выражаемое послѣдующими числами.

Радіевые лучи α аналогичны полоніевымъ лучамъ. Изученіе ихъ возможно, если отклонять въ сторону болѣе отклоняющіеся лучи β дѣйствіемъ магнитнаго поля; лучи γ не играютъ значительной роли въ этомъ случаѣ. Но надо принять во вниманіе, что дѣйствовать можно только начиная съ извѣстнаго разстоянія отъ радіоактивнаго источника. Въ этомъ опытѣ измѣрялась часть лучей, прошедшая черезъ алюминіевую пластинку толщиной въ 0,01 миллиметра; пластинка помѣщалась, какъ всегда, близко отъ источника и надъ нимъ. Токъ, образовавшійся въ конденсаторѣ при различной величинѣ разстоянія AD въ присутствіи пластинки и безъ нея, наблюдался помощью аппарата, изображеннаго на рис. 5. Получились слѣдующіе результаты:

Разстояніе AD	6,0	5,1	3,4
На 100 лучей прошло черезъ алюминій	3	7	24

Въ данномъ случаѣ также замѣчалось, что больше всего поглощались алюминіемъ лучи, обладавшіе наибольшимъ распространеніемъ въ воздухѣ. Мы видимъ такимъ образомъ большую аналогію между поглощаемыми радіевыми лучами α и полоніевыми лучами.

Напротивъ того, отклоняющіеся лучи β и неотклоняющіеся и вмѣстѣ съ тѣмъ проникающіе лучи γ совершенно различны. Изъ опытовъ нѣкоторыхъ физиковъ, особенно Мейера и фонъ-Швейдлера [1]) видно, что если размаривать всѣ лучи радія вмѣстѣ, то ихъ проникающая способность возрастаетъ съ толщиной пройденнаго вещества, какъ это наблюдается на Рентгеновыхъ лучахъ. Лучи α почти не вліяютъ на эти опыты, такъ какъ они поглощаются очень тонкими экранами. Проникаютъ только болѣе или менѣе разсѣянные лучи β и анологичные Рентгеновымъ лучамъ, лучи γ.

Я произвела нѣсколько соотвѣтственныхъ опытовъ: Радій заключался въ стекляномъ пузырькѣ. По выходѣ изъ послѣдняго лучи прошли въ воздухѣ разстояніе въ 30 сантиметровъ и принимались серіей стеклянныхъ пластинокъ, толщиною въ 1,3

[1]) Meyer et von Schweidler, Physik. Zeitschrift, m. 1, p. 209.

миллиметра (каждая). Черезъ первую пластинку прошло 0,49 полученныхъ ею лучей, черезъ вторую — 0,84, черезъ третью — 0,85·

Въ цѣломъ рядѣ другихъ опытовъ радій находился въ стекляномъ пузырькѣ, который помѣщался на разстояніи 10 сантиметровъ отъ конденсатора, принимавшаго лучи. На пузырькѣ находился рядъ одинаковыхъ свинцовыхъ пластинокъ, изъ которыхъ каждая была толщиною въ 0,115 миллиметра.

Отношеніе прошедшихъ лучей къ лучамъ, полученнымъ каждой изъ пластинокъ, выражается слѣдующими числами:

0,40 0,60 0,72 0,79 0,89 0,92 0,94 0,94 0,97

Отношеніе прошедшихъ лучей къ лучамъ, полученнымъ каждой изъ четырехъ свинцовыхъ пластинокъ, каждая толщиною въ 1,5 миллиметра, послѣдовательно наложенныя другъ на друга, выражается слѣдующими числами:

0,09 0,78 0,84 0,82

Изъ этихъ опытовъ видно, что съ возрастаніемъ толщины слоя пройденнаго свинца отъ 0,1 до 6 миллиметровъ возрастаетъ проникающая способность лучей. При этихъ условіяхъ я убѣдилась, что свинцовый листъ, толщиною въ 1,8 сантиметра пропускаетъ 0,02 полученныхъ имъ лучей, а листъ, толщиною въ 5,3 сантиметра,— 0,004. Я убѣдилась также, что лучи, прошедшіе черезъ свинцовый листъ, толщиною въ 1,5 миллим., заключали значительное количество отклоняющихся лучей (катоднаго порядка). Очевидно, что послѣдніе не только обладаютъ способностью проходить большія пространства въ воздухѣ, но могутъ также проникать черезъ твердыя поглощающія вещества значительной толщины (напримѣръ, свинецъ).

При изученіи помощью аппарата, изображеннаго на рис. 2, поглощенія алюминіевой пластинкой, толщиной въ 0,01 миллиметра, радіевыхъ лучей (всѣхъ категорій), получаются результаты, соотвѣтствующіе наложенію другъ на друга трехъ группъ лучей. Въ этихъ опытахъ алюминіевая пластинка всегда помѣщалась на одномъ и томъ-же разстояніи отъ радіоактивнаго вещества, а разстояніе конденсатора отъ послѣдняго (AD) подвергалась варіаціямъ. При наблюденіи на большомъ разстояніи замѣтно преобладаніе проникающихъ лучей и слѣдовательно, слабое поглощеніе ихъ. На маломъ разстояніи преобладаютъ лучи α, и поглощеніе уменьшается съ приближеніемъ къ веществу, на промежуточномъ разстояніи поглощеніе достигаетъ максимума, а проникаемость минимума.

Разстояніе AD	7,1	6,5	6,0	5,1	3,4
На 100 лучей прошло черезъ алюминій .	91	82	58	41	48

Необходимо замѣтить, что нѣкоторые опыты надъ поглощеніемъ обнаруживаютъ извѣстную аналогію между лучами α и отклоняющимися лучами β. Такъ, Беккерель нашелъ, что поглощеніе твердымъ экраномъ лучей β возрастаетъ съ разстояніемъ экрана отъ источника. Такимъ образомъ при дѣйствіи на лучи магнитнымъ полемъ (рис. 4) мы убѣждаемся, что экранъ, лежащій на источникѣ, даетъ бо́льшую часть магнитнаго спектра, чѣмъ тотъ-же экранъ, помѣщающійся на фотографической пластинкѣ.

Различное поглощеніе экрана въ зависимости отъ разстоянія, отдѣляющаго его отъ источника, аналогично тому, что наблюдалось на лучахъ α. Мейеръ и фонъ-Швейдлеръ провѣрили это помощью флюороскопическаго метода, а г-нъ Кюри и я электрическимъ методомъ. До сихъ поръ не изучены еще условія, при которыхъ происходитъ это явленіе. Но когда радій находится въ стекляной трубкѣ, помѣщающейся на довольно большомъ разстояніи отъ конденсатора, который заключенъ въ тонкую алюминіевую коробку, то получится одинаковый токъ, помѣстимъ-ли мы экранъ въ близкомъ сосѣдствѣ съ источникомъ или съ конденсаторомъ.

Я убѣдилась, что лучи α могутъ быть сравнимы съ частицами, выбрасываемыми съ извѣстной скоротью и теряющими часть ея при прохожденіи черезъ препятствія [1]). Тѣмъ не менѣе эти лучи, какъ показалъ Беккерель, отличаются прямолинейнымъ распространеніемъ. Беккерель помѣстилъ активный полоній въ узкую линейную полость, сдѣланную въ листѣ картона. Противъ этого линейнаго источника лучей помѣщалась параллельно съ нимъ мѣдная проволока въ 1,5 миллим. на разстояніи 4,9 миллиметровъ. Фотографическая пластинка помѣщалась параллельно на разстояніи 8,65 миллиметра. Спустя десять минутъ на пластинкѣ получилось прекрасное воспроизведеніе геометрической тѣни проволоки (заранѣе извѣстныхъ размѣровъ) и по узкой полутѣни (съ каждой стороны), соотвѣтствовавшей ширинѣ источника. Этотъ опытъ даетъ не менѣе удачные результаты при помѣщеніи противъ проволоки двойного листа кованаго алюминія.

Мы имѣемъ очевидно дѣло съ лучами, обладающими способностью давать совершенныя геометрическія тѣни. Опытъ съ алюминіемъ показываетъ, что эти лучи не разсѣиваются при прохожденіи черезъ пластинку и что эта пластинка не испускаетъ (или мало испускаетъ) второстепенныхъ лучей, аналогичныхъ второстепеннымъ Рентгеновымъ лучамъ.

---

[1]) M-me Curie, Comptes rendus, 8 января 1900 г.

Лучи α это тѣ — лучи, которые кажутся активными въ прекрасномъ опытѣ, производившемся въ спинтарископѣ Круксa [1]). Этотъ аппаратъ состоитъ главнымъ образомъ изъ зернышка радіевой соли, покоющагося на концѣ металлической проволоки противъ экрана изъ фосфоресцирующаго сѣрнистаго цинка. Радій помѣщается на очень небольшомъ разстояніи отъ экрана (напримѣръ, 0,5 миллиметра) и сторона экрана, обращенная къ радію, наблюдается въ лупу. При такихъ условіяхъ глазъ замѣчаетъ на экранѣ настоящій дождь безпрестанно появляющихся и исчезающихъ свѣтлыхъ точекъ. Экранъ имѣетъ видъ звѣзднаго неба. Блестящія точки очень близки другъ къ другу въ частяхъ экрана близкихъ къ радію, а въ непосредственной близости свѣтъ кажется непрерывнымъ. Это явленіе не мѣняется отъ дѣйствія воздушныхъ токовъ и наблюдается въ безвоздушномъ пространствѣ. Оно прекращается напротивъ того при помѣщеніи экрана даже очень тонкаго между радіемъ и фосфоресцирующимъ экраномъ. Это явленіе находится повидимому въ зависимости отъ лучей α, которые, какъ извѣстно, поглощаются больше другихъ радіевыхъ лучей.

Можно подумать, что появленіе свѣтлой точки на фосфоресцирующемъ экранѣ обусловливается толчкомъ изолированной частицы. Въ этой гипотезѣ мы въ первый разъ встрѣчаемся съ явленіемъ, позволяющимъ различать индивидуальное дѣйствіе чрезвычайно малой частицы.

Свѣтлыя точки имѣютъ тотъ-же видъ, что звѣзды или сильно освѣщенные ультра-микроскопическіе объекты, не дающіе ясныхъ изображеній на сѣтчаткѣ, а диффракціонныя точки. Это вполнѣ согласуется съ тѣмъ воззрѣніемъ, что каждая весьма малая свѣтящаяся точка вызывается толчкомъ одного атома.

Проникающіе и вмѣстѣ съ тѣмъ не отклоняющіеся лучи γ аналогичны наоборотъ Рентгеновымъ лучамъ. Надо, впрочемъ, сказать, что подобные мало проникающіе лучи могутъ существовать въ радіевыхъ лучахъ, но ихъ присутствіе можетъ быть скрыто лучеиспусканіемъ малыхъ частицъ.

Мы видѣли, что лучеиспусканіе радіоактивныхъ тѣлъ представляетъ собой сложное явленіе. Изученіе его осложняется тѣмъ, что неизвѣстно, поглощаются ли только лучи матеріей или же они подвергаются кромѣ этого болѣе или менѣе глубокимъ измѣненіямъ.

[1]) Chem. news, 3 апрѣля 1903 г.

Въ настоящее время намъ мало извѣстно по этому вопросу. Но если допустить, что радіевые лучи содержатъ какъ катодные, такъ и Рентгеновы лучи, то можно ожидать, что они (радіевые лучи) подвергнутся измѣненіямъ при прохожденіи черезъ экраны. Намъ извѣство на самомъ дѣлѣ: 1) что выходящіе изъ Круксовой трубки катодные лучи сильно разсѣиваются алюминіевымъ экраномъ (опытъ Ленара) и что ихъ скорость уменьшается съ прохожденіемъ черезъ экранъ; катодные лучи, распространяющіеся со скоростью $1{,}4 \times 10^{10}$ сантиметровъ, теряютъ 10 процентовъ своей скорости при прохожденіи черезъ алюминіевый листокъ, толщиною въ 0,01 миллиметра [1]); 2) при встрѣчѣ съ какимъ-либо препятствіемъ катодные лучи служатъ причиною къ образованію Рентгеновыхъ лучей; 3) при встрѣчѣ съ твердымъ препятствіемъ Рентгеновы лучи служатъ причиною къ образованію второстепенныхъ лучей, состоящихъ частью изъ катодныхъ лучей [2]).

Если судить по аналогіи, то предыдущія явленія должны также имѣть мѣсто для лучей радіоактивныхъ веществъ. При изученіи передачи полоніевыхъ лучей черезъ алюминіевый экранъ Беккерель не наблюдалъ ни образованія второстепенныхъ лучей, ни превращенія въ катодные лучи [3]).

Я стремилась показать превращеніе полоніевыхъ лучей помощью метода перемѣны порядка экрановъ. Если прохожденіе лучей черезъ два, лежащіе другъ на другѣ, экрана E_1 и E_2, не измѣняетъ ихъ природы, то порядокъ прохожденія лучей черезъ эти два экрана не долженъ играть никакой роли.

Если же каждый экранъ измѣняетъ природу лучей при ихъ передачѣ, то порядокъ, въ которомъ лежатъ экраны, имѣетъ значеніе. Предположимъ, что поглощаемость лучей возрастаетъ съ прохожденіемъ черезъ свинецъ въ гораздо большой мѣрѣ, чѣмъ при прохожденіи черезъ алюминій и мы поймемъ, что система свинецъ-алюминій должна казаться менѣе прозрачной, чѣмъ система алюминій-свинецъ. Это имѣетъ мѣсто въ случаѣ Рентгеновыхъ лучей.

Мои опыты показываютъ, что это явленіе наблюдается на полоніевыхъ лучахъ. Я пользовалась аппаратомъ, изображеннымъ на рис. 8. Полоній помѣщался въ коробкѣ $CCCC$, а поглощающіе экраны (по необходимости очень тонкіе) — на металлич. сѣткѣ T.

[1]) Des Coudres, Physik. Zeitschrift, ноябрь 1902 г.

[2]) Sagnac, Thèse de doctorat. — Curie et Sagnac, Comtes rendus, апрѣль 1900 г.

[3]) Becquerel, Rapports au Congrès de Physique, 1900.

Экраны.	Толщина въ миллим.	Токъ.
Алюминій	0,01	
Латунь	0,005	17,9
Латунь	0,005	
Алюминій	0,01	6,7
Алюминій	0,01	
Олово.	0,005	150
Олово.	0,005	
Алюминій	0,01	125
Олово.	0,005	
Латунь	0,005	13,9
Латунь	0,005	
Олово.	0,005	4,4

Полученные результаты показываютъ, что лучи измѣняются съ прохожденіемъ черезъ твердый экранъ. Этотъ выводъ согласуется съ тѣми опытами, въ которыхъ изъ двухъ одинаковыхъ, лежащихъ другъ на другѣ, металлическихъ пластинокъ, первая обнаруживаетъ меньшую способность поглощенія чѣмъ слѣдующая. Основываясь на этомъ, можно сказать, что превращеніе лучей экраномъ тѣмъ больше, чѣмъ дальше этотъ экранъ отъ источника. Это обстоятельство не было провѣрено и природа превращенія не подверглась тщательному изученію.

Я повторила тѣ-же опыты съ весьма активной радіевой солью и получила отрицательные результаты. Перемѣна порядка экрановъ дала незначительныя варіаціи переданныхъ лучей. Системы экрановъ были слѣдующія:

Алюминій, толщ. въ 0,55 миллим.			Платина, толщ. въ 0,01			миллим.
»	» » 0,55	»	Свинецъ	»	» 0,1	»
»	» » 0,55	»	Олово	»	» 0,005	»
»	» » 1,07	»	Мѣдь	»	» 0,05	»
»	» » 0,55	»	Латунь	»	» 0,005	»
»	» » 1,07	»	Латунь	»	» 0,005	»
»	» » 0,15	»	Платина	»	» 0,01	»
»	» » 0,15	»	Цинкъ	»	» 0,55	»
»	» » 0,15	»	Свинецъ	»	» 0,1	»

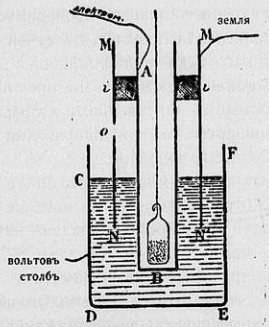
Система свинецъ-алюминій казалась нѣсколько менѣе прозрачной, чѣмъ система алюминій-свинецъ.

Мнѣ не удалось обнаружить значительное измѣненіе радіевыхъ лучей. Тѣмъ не менѣе Беккерель наблюдалъ въ разныхъ

радіографическихъ опытахъ значительныя дѣйствія разсѣянныхъ или второстепенныхъ лучей, испускаемыхъ твердыми экранами (на которые дѣйствовали радіевые лучи). Самымъ активнымъ веществомъ (съ точки зрѣнія испусканія этихъ второстепенныхъ лучей) оказывается свинецъ.

Ионизирующее дѣйствіе радіевыхъ лучей на изолирующія жидкости.—Кюри показалъ, что радіевые и Рентгеновы лучи дѣйствуютъ на діэлектрическія жидкости точно такъ же, какъ и на воздухъ, сообщая имъ электро-проводность [1]). Этотъ

Рис. 9.



опытъ производился слѣдующимъ образомъ. Изслѣдуемая жидкость помѣщалась въ металлическомъ сосудѣ CDEF (рис. 9), въ который погружалась тонкая мѣдная трубка AB; сосудъ и трубка служили электродами. Сосудъ поддерживался на опредѣленномъ потенціалѣ помощью баттареи маленькихъ аккумуляторовъ, одинъ полюсъ которыхъ находился въ соединеніи съ землею. Трубка AB соединялась съ электрометромъ.

При прохожденіи тока черезъ жидкость электрометръ поддерживался на нулѣ посредствомъ пьезоэлектрическаго кварца, дающаго мѣру тока. Соединенная съ землей, мѣдная трубка MNM'N' служитъ предохранительной трубкой, мѣшающей току проходить черезъ воздухъ. На днѣ трубки AB помѣщается пузырекъ съ радій-

[1]) P. Curie, Comptes rendus de l'Académie des Sciences 17 февраля 1902 г.

содержащей баріевой солью. Лучи проникаютъ черезъ стекло пузырька и стѣнки металлической трубки. Радій дѣйствуетъ и въ томъ случаѣ, если помѣстить пузырекъ подъ DE.

Дѣйствіе Рентгеновыхъ лучей на жидкость изучается при прохожденіи ихъ черезъ DE.

Возрастаніе проводимости отъ дѣйствія радіевыхъ или Рентгеновыхъ лучей наблюдается повидимому на всѣхъ діэлектрическихъ жидкостяхъ. Но для того, чтобы обнаружить это возрастаніе необходимо, чтобы собственная проводимость жидкости была довольно слабой и не скрывала дѣйствія лучей.

Опыты съ радіевыми лучами дали Кюри возможность обнаружить такія же ихъ дѣйствія, какъ и Рентгеновыхъ лучей. При изслѣдованіи помощью того же аппарата проводимости воздуха или другого газа подъ вліяніемъ Беккерелевыхъ лучей находимъ, что интенсивность полученнаго тока пропорціональна разности потенціаловъ электродовъ, пока эта разность не превышаетъ нѣсколькихъ вольтъ. При бо́льшихъ напряженіяхъ возрастаніе интенсивности тока все уменьшается, а при напряженіи въ 100 вольтъ токъ достигаетъ наибольшаго значенія.

Изслѣдованіе жидкостей помощью этого аппарата дало различные результаты при употребленіи одного и того же радіоактивнаго вещества. Интенсивность тока пропорціональна напряженію, если послѣднее варіируетъ между 0 и 450 вольтами и если разстояніе между электродами не превышаетъ 6 миллиметровъ. Такимъ образомъ можно принять, что проводимость вызвана въ различныхъ жидкостяхъ подъ вліяніемъ лучеиспусканія радіевой соли, дѣйствующей въ одинаковыхъ условіяхъ. Числа слѣдующей таблицы, помноженныя на 10^{-14} выражаютъ проводимость въ мо[1]) (mho) на 1 куб. сантиметръ:

Сѣрнистый углеродъ	20
Нефтяной эфиръ	15
Амиленъ	14
Хлористый углеродъ	8
Бензинъ	4
Жидкій воздухъ.	1,3
Вазелиновое масло.	1,6

Можно предположить, что жидкости и газы аналогичны въ данномъ отношеніи, но что для жидкостей токъ остается пропор-

[1]) Величина, обратная омамъ (ohm).

ціональнымъ напряженію въ болѣе широкихъ предѣлахъ, чѣмъ для газовъ. Можно, по аналогіи съ тѣмъ, что имѣетъ мѣсто для газовъ, уменьшить предѣлъ пропорціональности употребленіемъ болѣе слабыхъ лучей. Опытъ подтвердилъ это предположеніе. Для напряженій въ 50, 100, 200, 400 вольтъ (при употребленіи продукта, радіоактивность котораго была меньше предыдущаго), интенсивность тока выражается числами: 109, 185, 255, 335. Пропорціональности нѣтъ больше, но токъ еще сильно измѣняется при удвоеніи разности потенціаловъ.

Нѣкоторыя жидкости оказались почти совершенными изоляторами при постоянной температурѣ и при отсутствіи дѣйствія на нихъ лучей. Таковы: жидкій воздухъ, нефтяной эфиръ, вазелиновое масло, амиленъ. Въ такихъ случаяхъ легко изучить дѣйствіе лучей. Вазелиновое масло отличается меньшей чувствительностью къ дѣйствію лучей, чѣмъ керосиновый эфиръ. Этотъ фактъ имѣетъ, можетъ быть, отношеніе къ различной летучести этихъ двухъ углеводородовъ. Кипѣвшій въ продолженіе нѣкотораго времени жидкій воздухъ проявляетъ бо́льшую чувствительность къ дѣйствію лучей, чѣмъ только что налитый въ сосудъ. Въ первомъ случаѣ проводимость на $^1/_4$ больше, чѣмъ во второмъ. Кюри изучилъ дѣйствіе лучей на амиленъ и нефтяной эфиръ при температурахъ $+10^0$ и -17^0. Проводимость больше на $^1/_{10}$ при первой температурѣ, чѣмъ при второй.

Измѣняя температуры жидкости можно поддерживать радій на температурѣ окружающей среды или же на температурѣ жидкости: въ обоихъ случаяхъ получатся одни и тѣ же результаты. Это обстоятельство объясняется тѣмъ, что лучеиспусканіе радія, какъ извѣстно изъ опыта, не измѣняется даже при температурѣ жидкаго воздуха.

Различныя дѣйствія и примѣненія іонизирующаго вліянія лучей, испускаемыхъ радіоактивными веществами. — Лучи новыхъ радіоактивныхъ веществъ сильно іонизируютъ воздухъ. Дѣйствіемъ радія легко вызвать сгущеніе насыщеннаго водянаго пара точно также, какъ это дѣлается помощью катодныхъ и Рентгеновыхъ лучей.

Подъ вліяніемъ лучей, испускаемыхъ новыми радіоактивными веществами, увеличивается разстояніе, необходимое для разряда, между двумя металлическими проводниками при данной разности потенціаловъ. Другими словами: прохожденіе искры облегчается дѣйствіемъ лучей. Это явленіе находится въ зависимости отъ наиболѣе проникающихъ

лучей, что видно изъ слѣдующаго опыта. Если окружить радій свинцовой оболочкой въ 2 сантиметра, то дѣйствіе радія на искру почти не ослабляется, несмотря на то, что проникающіе лучи составляютъ только незначительную часть всѣхъ радіевыхъ лучей.

Дѣлая проводящимъ воздухъ (путемъ дѣйствія на него лучами радіоактивныхъ веществъ) между двумя металлическими проводниками, изъ которыхъ одинъ соединенъ съ землей, а другой съ хорошо изолированнымъ электрометромъ, можно замѣтить, что послѣдній принимаетъ постоянное отклоненіе. Это даетъ возможность измѣрить электромоторную силу элемента, состоящаго изъ воздуха и двухъ металловъ (электромоторная сила соприкосновенія двухъ металловъ, раздѣленныхъ воздухомъ). Этимъ методомъ измѣреній пользовались лордъ Кельвинъ и его ученики, употребляя при этомъ уранъ [1]). Аналогичный методъ употреблялъ раньше Пэррэнъ, пользуясь при этомъ іонизирующимъ дѣйствіемъ Рентгеновыхъ лучей [2]). Радіоактивныя вещества могутъ служить для изученія атмосфернаго электричества. Активное вещество заключается въ маленькой коробкѣ изъ тонкаго аллюминія, которая прикрѣплена къ концу металлическаго стержня, соединеннаго съ электрометромъ. Воздухъ дѣлается проводникомъ въ сосѣдствѣ съ концомъ стержня, который принимаетъ отъ этого потенціалъ окружающаго воздуха. Радій замѣняетъ съ успѣхомъ пламя или аппараты лорда Кельвина съ вытекающей водой, употреблявшіеся до настоящаго времени для изученія атмосфернаго электричества [3]).

Флюоресцирующія и свѣтовыя дѣйствія. — Лучи, испускаемые новыми радіоактивными веществами, вызываютъ флюоресценцію нѣкоторыхъ тѣлъ. Мы открыли это явленіе вмѣстѣ съ г. Кюри, заставляя дѣйствовать полоній черезъ листъ алюминія на слой платиноціанистаго барія. Этотъ опытъ еще лучше удается съ достаточно активнымъ радійсодержащимъ баріемъ. Особенно прекрасна флюоресценція, вызванная сильно радіоактивнымъ веществомъ.

Многія вещества обнаруживаютъ фосфоресценцію или флюоресценцію подъ вліяніемъ Беккерелевыхъ лучей. Беккерель изучилъ ихъ дѣйствіе на соли урана, на алмазъ, цинковую обманку

[1]) Lord Kelwin, Beattie et Smolan, Nature, 1897.
[2]) Perrin, Thèse de doctorat.
[3]) Paulsen, Rapports au Congrès de Physique, 1900.—Witkowski, Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie январь 1902.

и др. Бари показалъ, что соли щелочныхъ и щелочно-земельныхъ металловъ, обнаруживающія флюоресценцію подъ вліяніемъ свѣтовыхъ и Рентгеновыхъ лучей, флюоресцируютъ также отъ дѣйствія радіевыхъ лучей [1]). Въ сосѣдствѣ съ радіемъ наблюдается также флюоресценція бумаги, стекла, хлопчатой бумаги и др. веществъ. Изъ различныхъ сортовъ стекла свѣтится больше всего Тюрингенское стекло. Металлы не способны, повидимому, свѣтиться подъ вліяніемъ упомянутыхъ лучей. Для изученія лучеиспусканія радіоактивныхъ тѣлъ помощью флюороскопическаго метода лучше всего подходитъ платиноціанистый барій. Дѣйствіе радіевыхъ лучей можно прослѣдить на разстоянія, превышающія два метра. Фосфоресцирующій сѣрнистый цинкъ начинаетъ свѣтиться довольно сильно, но представляетъ неудобство въ томъ отношеніи, что продолжаетъ свѣтиться и спустя нѣкоторое время по прекращеніи дѣйствія лучей.

Флюоресценція подъ вліяніемъ радія доступна наблюденію въ томъ случаѣ, когда флюоресцирующій экранъ отдѣляется отъ радія поглощающими экранами. Такъ, мы имѣли возможность наблюдать освѣщеніе экрана изъ платиноціанистаго барія черезъ человѣческое тѣло. Надо, впрочемъ, замѣтить, что дѣйствіе несравненно интенсивнѣе при помѣщеніи экрана по близости отъ радія, не отдѣляя его никакимъ твердымъ экраномъ. — Всѣ группы лучей способны, повидимому, вызывать флюоресценцію.

Для наблюденія дѣйствія полонія необходимо помѣстить послѣдній близко отъ флюоресцирующаго экрана, не отдѣляя его твердымъ экраномъ или отдѣляя лишь крайне тонкимъ экраномъ.

Свѣченіе флюоресцирующихъ веществъ подъ вліяніемъ радіоактивныхъ тѣлъ уменьшается съ теченіемъ времени, причемъ это явленіе связано съ измѣненіемъ флюоресцирующаго вещества. Это видно изъ слѣдующихъ примѣровъ.

Платиноціанистый барій превращается подъ вліяніемъ радіевыхъ лучей въ коричневое вещество, обладающее меньшей способностью свѣтиться (это дѣйствіе аналогично дѣйствію Рентгеновыхъ лучей, описанному Віаромъ). Радіевые лучи дѣйствуютъ также на сѣрнокислую соль урана и калія, которая отъ этого желтѣетъ. Измѣнившійся платиноціанистый барій принимаетъ отчасти первоначальный видъ отъ дѣйствія свѣта. Помѣстимъ радій подъ слоемъ платиноціанистаго барія, насыпаннаго на бумагѣ и мы увидимъ, что барій начнетъ свѣтиться. Если дѣлать опытъ въ темнотѣ, то

[1]) Bary, Comptes rendus, t. CXXX. 1900, p. 776.

спустя нѣкоторое время платиноціанистый барій измѣняетъ свой видъ и свѣтится значительно меньше. Но стоитъ выставить нашу систему на свѣтъ и платиноціанистый барій принимаетъ отчасти первоначальный видъ, если же снова помѣстить все въ темное мѣсто, то платиноціанистый барій опять начинаетъ свѣтиться. Итакъ, флюоресцирующее тѣло можетъ долго дѣйствовать, какъ фосфоресцирующее, подъ вліяніемъ радіоактивнаго тѣла.

Стекло, обнаруживающее флюоресценцію отъ дѣйствія радія, окрашивается въ коричневый или фіолетовый цвѣтъ и вмѣстѣ съ тѣмъ становится менѣе флюоресцирующимъ. Это стекло теряетъ свою окраску отъ нагрѣванія и въ тоже время испускаетъ свѣтъ и получаетъ способность флюоресценціи въ такой же степени, какъ и до измѣненія.

Сѣрнистый цинкъ теряетъ мало-по-малу подъ вліяніемъ радія способность фосфоресценціи.

Алмазъ становится фосфоресцирующимъ подъ вліяніемъ радія и этимъ его легко отличить отъ поддѣльнаго алмаза (стразо), который свѣтится весьма слабо.

Всѣ соединенія радій содержащаго барія свѣтятся самопроизвольно[1]). Особенно интинсивный свѣтъ испускаютъ галоидныя безводныя и сухія соли. Этотъ свѣтъ не замѣтенъ при дневномъ освѣщеніи, но хорошо видѣнъ въ полумракѣ или при газовомъ освѣщеніи. Свѣтъ испускаемый небольшимъ количествомъ вещества достаточенъ, чтобы читать въ темнотѣ. Свѣтъ, о которомъ идетъ рѣчь, исходитъ изъ всей массы тѣла, тогда какъ фосфоресцирующее тѣло свѣтитъ только той частью поверхности, которая была заранѣе освѣщена. Радійсодержащія вещества значительно теряютъ во влажномъ воздухѣ способность свѣтиться, но она возвращается къ нимъ при высыханіи (Гизель). Способность свѣтиться, повидимому, не пропадаетъ съ теченіемъ времени. Никакое измѣненіе не наблюдается въ интенсивности свѣта малоактивныхъ веществъ, сохранявшихся въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ въ тѣмнотѣ въ запаянныхъ трубкахъ. Что касается весьма активнаго и сильно-свѣтящагося радійсодержащаго хлористаго барія, то его свѣтъ окрашивается въ другой цвѣтъ спустя нѣсколько мѣсяцевъ. Это вещество подвергается въ тоже время разнымъ измѣненіямъ, но обнаруживаетъ первоначальное свѣченіе по раствореніи его въ водѣ и высушиваніи.

[1]) Curie, Société de Phisique, 3 марта 1899 г. — Giesel, Wied. Ann., t. LXIX, p. 91.

Растворы баріевыхъ солей, содержащихъ значительное количество радія, также обладаютъ способностью свѣтиться. Это легко наблюдать, если помѣстить растворъ въ платиновую чашку, которая сама не свѣтится и позволяетъ различать слабое свѣченіе раствора.

Если растворъ радійсодержащей баріевой соли содержитъ отложившіеся въ немъ кристаллы, то послѣдніе свѣтятся въ растворѣ гораздо больше самаго раствора и производятъ такое впечатлѣніе, точно они только одни свѣтятся.

Гизель приготовилъ радійсодержащій платиноціанистый барій, который сейчасъ же послѣ кристаллизаціи имѣлъ видъ обыкновеннаго платиноціанистаго барія. Различіе наблюдалось только въ томъ, что первый сильно свѣтился, тогда какъ послѣдній не обнаруживалъ этого свойства. Но мало-по-малу первый началъ самопроизвольно окрашиваться въ коричневый цвѣтъ, а кристаллы становились въ то же время двуцвѣтными. Въ этомъ состояніи онъ обнаружилъ меньшую способность свѣтиться, несмотря на увеличеніе радіоактивности [1]). Приготовленный Гизелемъ платиноціанистый радій еще скорѣе подвергался измѣненіямъ. Радіевыя соединенія представляютъ первый примѣръ произвольно-свѣтящихся веществъ.

Выдѣленіе тепла радіевыми солями. — Кюри и Лабордъ нашли въ послѣднее время, что радіевыя соли безпрестанно и самопроизвольно выдѣлютъ теплоту[2]). Результатомъ этого выдѣленія теплоты является повышеніе температуры радіевыхъ солей, сравнительно съ температурой окружающей среды. Повышеніе температуры зависитъ отъ тепловой изолированности вещества. Оно можетъ быть обнаружено помощью двухъ обыкновенныхъ ртутныхъ термометровъ. Возьмемъ два одинаковыхъ сосуда, изъ которыхъ выкачанъ воздухъ и которые отличаются отсутствіемъ теплопроводности. Въ одинъ изъ сосудовъ помѣщается стекляный пузырекъ съ 7 дециграммами чистаго бромистаго радія. Въ другой помѣщается точно такой же пузырекъ съ какимъ-нибудь неактивнымъ веществомъ, напримѣръ, хлористымъ баріемъ. Температура каждаго сосуда указывается термометромъ, резервуаръ котораго находится въ непосредственной близости къ пузырьку. Отверстіе сосудовъ-изоляторовъ закрывается хлопчатой бумагой. Послѣ того, какъ установилось равновѣсіе температуры, термометръ, нахо-

[1]) Giesel, Wied. Ann., t. LXIX, p. 91.
[2]) Curie et Laborde, Comptes rendus, 16 марта 1903 г.

дившійся въ сосудѣ съ радіемъ, постоянно указывалъ на болѣе высокую температуру, чѣмъ другой. Разница въ температурѣ была въ 3°.

Количество теплоты, выдѣляемой радіемъ, можно вычислить помощью ледянаго калориметра Бунзена. Помѣщая въ калориметрѣ стеклянный пузырекъ съ радіевой солью, можно убѣдиться въ безпрестанномъ притокѣ тепла, который прекращается съ удаленіемъ радія. Измѣренія, производившіяся съ заранѣе приготовленной радіевой солью, показываютъ, что каждый граммъ радія выдѣляетъ въ часъ 80 малыхъ калорій. Этого количества тепла достаточно, чтобы превратить граммъ льда въ воду. Очевидно, что атомъ-граммъ (225 граммовъ) [1]) выдѣляетъ въ часъ 18.000 калорій, т. е. такое же количество тепла, какое выдѣляется при горѣніи одного атома-грамма (1 гр.) водорода. Такое большое количество тепла не можетъ быть объяснено никакой обыкновенной химической реакціей еще по той причинѣ, что радій сохраняетъ свои свойства въ продолженіе нѣсколькихъ лѣтъ. Можно подумать, что выдѣленіе тепла обусловливается чрезвычайно медленнымъ атомнымъ превращеніемъ радія. При такомъ допущеніи мы видимъ, что количества энергіи, принимающія участіе въ образованіи и превращеніи атомовъ, превосходятъ всѣ ожиданія.

Можно вычислить количество тепла, выдѣляемое радіемъ при различныхъ температурахъ, если утилизировать эту теплоту на кипяченіе превращеннаго въ жидкость газа и измѣрить объемъ выдѣляющагося газа. Этотъ опытъ удобно дѣлать съ хлористымъ метиломъ (при температурѣ—21°). Дьюаръ и Кюри произвели опыты съ жидкимъ кислородомъ (—180°) и жидкимъ водородомъ (—252°). Послѣдній представляетъ особенныя удобства для даннаго опыта. Пробирка *A*, окруженная тепловымъ изоляторомъ (изъ котораго предварительно выкачали воздухъ), содержитъ жидкій водородъ *H* (рис. 10). Она снабжена трубкой для выдѣленія газа, собираемаго въ пробирку, раздѣленную на градусы и наполненную водой. Пробирка *A* погружена въ ванну жидкаго водорода *H'* вмѣстѣ со своимъ изоляторомъ. При такихъ условіяхъ не замѣтно выдѣленіе газа. Но стоитъ погрузить въ жидкій водородъ пузырекъ съ 7 дециграммами бромистаго радія и газъ начнетъ безпрестанно выдѣляться въ количествѣ 73 куб. сантиметровъ въ минуту.

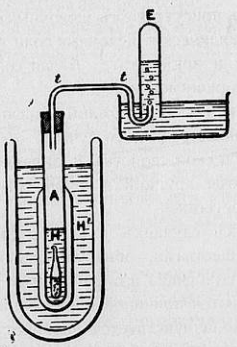
[1]) Атомный вѣсъ радія 225. Такимъ образомъ если принять вѣсъ атома водорода въ одинъ граммъ, то атомъ радія долженъ вѣсить 225 гр. Само собой разумѣется, что этотъ примѣръ дается только, какъ относительная мѣра.

Прим. перев.

Только-что приготовленная радіевая соль выдѣляетъ сравнительно небольшое количество тепла. Но оно постепенно возрастаетъ до извѣстнаго предѣла, который достигается спустя мѣсяцъ съ лишнимъ. Если растворить въ водѣ радіевую соль и помѣстить растворъ въ запаянную трубку, то растворъ выдѣляетъ сначала небольшое количество тепла, которое постепенно увеличивается и становится постояннымъ черезъ мѣсяцъ: оно равняется тогда количеству теплоты, выдѣляемому той-же солью въ твердомъ видѣ.

При измѣреніи помощью калориметра Бунзена количества тепла, выдѣляемаго радіевой солью (находящейся въ стекляномъ пузырькѣ), нѣкоторые проникающіе радіевые лучи, не поглощаясь, проходятъ черезъ пузырекъ и калориметръ. Эти лучи уносятъ

Рис. 10.



съ собою 4% общаго количества тепла, въ чемъ можно убѣдиться, если окружить пузырекъ листомъ свинца, толщиною въ два миллиметра.

Химическія дѣйствія новыхъ радіоактивныхъ веществъ. Окрашиванія. — Лучи, испускаемые энергичными радіоактивными веществами, являются причиной нѣкоторыхъ химическихъ реакцій. Лучи радійсодержащихъ веществъ окрашиваютъ стекло и фосфоръ [1]). Окрашиваніе стекла въ коричневый или фіолетовый цвѣтъ совершается въ самой массѣ стекла и сохраняется

[1]) M. et M-me Curie, Comptes rendus, t. CXXIX, ноябрь 1899 г. p. 823.

даже по удаленіи радія. Всякое стекло окрашивается на болѣе или менѣе долгое время, причемъ для этого не необходимо присутствіе свинца. Этотъ фактъ аналогиченъ окрашиванію стекла трубокъ съ выкачаннымъ воздухомъ, долго служившихъ источникомъ Рентгеновыхъ лучей.

Гизель показалъ, что кристаллизовавшіяся галоидныя соли щелочныхъ металловъ (хлористый натрій, сильвитъ) [1]) окрашиваются подъ вліяніемъ радіевыхъ лучей также, какъ и отъ дѣйствія катодныхъ лучей. Гизель нашелъ между прочимъ, что такую-же окраску обнаруживаютъ щелочныя соли въ парахъ натрія [2]).

Я изучила окраску коллекціи стеколъ опредѣленнаго состава, любезно одолженной мнѣ Ле Шателье и не замѣтила большого разнообразія въ этомъ отношеніи. Обыкновенно она ограничивается фіолетовымъ, желтымъ, коричневымъ или сѣрымъ цвѣтомъ и связана повидимому съ присутствіемъ щелочныхъ металловъ.

Чистыя кристаллическія щелочныя соли окрашиваются въ самые разнообразные и яркіе цвѣта; бѣлая соль становится синей, зеленой, желтой, коричневой и т. д.

Беккерель показалъ, что бѣлый фарфоръ превращается въ красный подъ вліяніемъ радіевыхъ лучей.

Бумага теряетъ свои свойства и окрашивается отъ дѣйствія радія. Она становится хрупкой и начинаетъ походить на сѣтку, съ сквозными отверстіями.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ наблюдается образованіе озона въ сосѣдствѣ съ веществами, обнаруживающими сильную радіоактивность. Лучи, выходящіе изъ запаяннаго пузырька, содержащаго радій, не являются причиной образованія озона въ воздухѣ. Сильный запахъ озона чувствуется наоборотъ при открытіи пузырька. Можно сказать, что озонъ образуется въ воздухѣ тогда, когда радій находится въ прямомъ сообщеніи съ воздухомъ, даже посредствомъ очень узенькаго протока. Образованіе озона связано, повидимому, съ распространеніемъ индуктированной радіоактивности, о которой рѣчь впереди.

Радійсодержащія соединенія измѣняются съ теченіемъ времени подъ вліяніемъ собственнаго лучеиспусканія. Мы видѣли, что радійсодержащіе кристаллы хлористаго барія безцвѣтны въ моментъ своего отложенія, но мало по малу окрашиваются то въ желтый или оранжевый цвѣтъ, то въ розовый, причемъ окраска исчезаетъ

[1]) Сильвитъ—хлористый калій. *Прим. перев.*

[2]) Giesel, Société de Physik allemande, январь 1900 г.

при раствореніи кристалловъ. Радійсодержащій хлористый барій выдѣляетъ соединенія хлора съ кислородомъ, а бромистый барій выдѣляетъ бромъ. Эти медленныя превращенія обнаруживаются спустя нѣкоторое время послѣ приготовленія твердаго продукта, который мѣняетъ въ то-же время видъ и цвѣтъ (принимая желтый или фіолетовый цвѣтъ). Испускаемый свѣтъ также становится фіолетовымъ.

Чистыя соли радія подвержены, повидимому, тѣмъ-же превращеніямъ, что и баріевыя соли. Но кристаллы хлористаго радія, отложившіеся въ кисломъ растворѣ, не окрашиваются замѣтно въ теченіе времени, достаточнаго для того, чтобы хлористый барій (содержащій много радія) окрасился интенсивно.

Выдѣленіе газа въ присутствіи радіевыхъ солей.— Растворъ бромистаго радія постоянно выдѣляетъ газы [1]), преимущественно водородъ и кислородъ. Отношеніе выдѣлившихся газовъ соотвѣтствуетъ содержанію ихъ въ водѣ. Можно такимъ образомъ допустить, что вода разлагается на свои составныя части въ присутствіи радіевой соли.

Твердыя радіевыя соли (хлористая или бромистая) также являются мѣстомъ постояннаго выдѣленія газа. Газы наполняютъ поры твердой соли и обильно выдѣляются при раствореніи соли. Въ газообразной смѣси находятъ водородъ, кислородъ, углекислоту и гелій. Въ спектрѣ этихъ газовъ замѣтны нѣкоторыя неизвѣстныя линіи [2]).

Этими выдѣленіями газовъ объясняются можетъ быть два взрыва стекляныхъ пузырьковъ въ опытахъ г-на Кюри. Тонкій запаянный стеклянный пузырекъ, совершенно наполненный твердымъ сухимъ бромистымъ радіемъ, взорвался отъ слабаго нагрѣванія спустя два мѣсяца послѣ того, какъ онъ былъ запаянъ (вѣроятно, отъ давленія внутренняго газа). Въ другой разъ пузырекъ съ ранѣе приготовленнымъ хлористымъ радіемъ сообщался съ довольно объемистымъ резервуаромъ, изъ котораго выкачали воздухъ. Послѣ того, какъ пузырекъ былъ быстро нагрѣтъ до 300°, онъ лопнулъ и выбросилъ соль на нѣкоторое разстояніе. Въ моментъ взрыва въ пузырькѣ не могло быть сильнаго давленія и послѣднимъ нельзя очевидно объяснить взрывъ. Къ тому же такой пузырекъ

[1]) Giesel, Ber. 1903. p. 347. — Ramsay et Soddy, Phys. Zeitschr. 15 сент. 1903 г.

[2]) Ramsay et Soddy, loc. cit.

нагрѣвался въ аналогичныхъ условіяхъ въ отсутствіи радія, и не лопнулъ.

Изъ этихъ опытовъ видно, что нельзя нагрѣвать ранѣе приготовленную радіевую соль, а также, что нельзя долго сохранять радій въ запаянной трубкѣ.

Вліяніе радія на термолюминисценцію (thérmoluminescence). — Нѣкоторыя тѣла, какъ фтористый кальцій обладаютъ способностью свѣтиться отъ нагрѣванія. Эта способность исчезаетъ спустя нѣкоторое время, но снова появляется подъ вліяніемъ искры, а также радія [1]). Фтористый кальцій измѣняется отъ нагрѣванія и это измѣненіе сопровождается свѣченіемъ. Если подвергнуть затѣмъ фтористый кальцій дѣйствію радія, то происходитъ обратное превращеніе, которое опять таки сопровождается свѣченіемъ.

Совершенно аналогичное явленіе наблюдается на стеклѣ, на которое дѣйствуютъ радіевые лучи. Пока стекло свѣтится подъ вліяніемъ радіевыхъ лучей, оно подвергается измѣненію: появляется окраска, которая постепенно возрастаетъ. Если нагрѣвать затѣмъ это стекло, то оно измѣняется въ обратномъ смыслѣ: окраска исчезаетъ и это исчезновеніе сопровождается свѣченіемъ. Весьма возможно, что мы встрѣчаемся здѣсь съ химическимъ измѣненіемъ, съ которымъ связано выдѣленіе свѣта. Возможно также, что флюоресценція отъ дѣйствія радія и свѣченіе радійсодержащихъ веществъ существеннымъ образомъ связаны съ химическимъ или физическимъ превращеніемъ вещества, испускающаго свѣтъ.

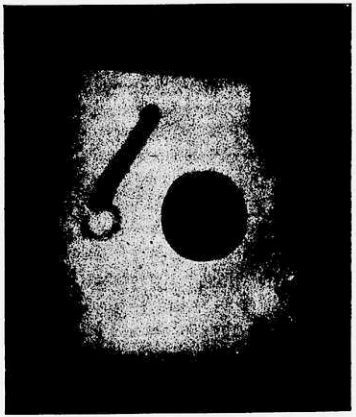
Радіографія. — Радіографическое дѣйствіе новыхъ радіоактивныхъ веществъ весьма интенсивно. Но радій и полоній дѣйствуютъ различно и требуютъ поэтому разныхъ методовъ. Полоній дѣйствуетъ только на очень небольшое разстояніе и его дѣйствіе значительно ослабляется твердыми экранами. Оно прекращается при употребленіи стекляпаго экрана толщиною въ 1 миллиметръ. Радій дѣйствуетъ на гораздо большихъ разстояніяхъ. Радіографическое дѣйствіе радіевыхъ лучей наблюдается въ воздухѣ на разстояніи двухъ метровъ (и больше) даже въ томъ случаѣ, если радій находится въ стекляномъ пузырькѣ. Лучи, дѣйствующіе при такихъ условіяхъ, относятся къ группамъ β и γ.

Благодаря различію въ прозрачности разныхъ веществъ для этихъ лучей, можно получить такъ-же, какъ съ Рентгеновыми лучами, радіографическіе снимки разныхъ предметовъ. Металлы

[1]) Becquerel, Rapports au Congrès de Physique, 1900.

вообще непрозрачны, кромѣ алюминія. Между тѣломъ и костями нѣтъ значительнаго различія въ прозрачности. Хорошія радіографіи получаются даже на большомъ разстояніи помощью источниковъ небольшихъ размѣровъ. Чтобы получить красивыя на видъ радіографіи, лучше отклонить въ сторону лучи β помощью магнитнаго поля и пользоваться только лучами γ. При прохожденіи чрезъ радіографируемый предметъ, лучи β разсѣеваются. Работая безъ нихъ, необходимо употребить большое время на снимокъ, но зато получаются лучшіе результаты. Радіографія такого пред-

Рис. 11.



Радіографическій снимокъ, полученный помощью радіевыхъ лучей.

мета, какъ кошелекъ требуетъ цѣлаго дня при источникѣ, состоящемъ изъ нѣсколькихъ сантиграммовъ радіевой соли; послѣдняя заключается въ стекляномъ пузырькѣ и помѣщается на разстояніи одного метра отъ чувствительной пластинки, предъ которой находится предметъ. Если источникъ находится на разстояніи 20 сантим. отъ пластинки, то такой-же результатъ получается въ одинъ часъ. Моментальный снимокъ получается на чувствительной пластинкѣ, находящейся непосредственно около источника.

Физіологическія дѣйствія.—Радіевые лучи дѣйствуютъ на эпидерму, какъ это наблюдалось Валькгофомъ и подтвердилось Гизелемъ, Беккерелемъ и Кюри [1]).

Если положить на кожу целлулоидовую или каучуковую чашку, заключающую весьма активную радіевую соль, и держать ее нѣкоторое время, то кожа становится красной сейчасъ же или спустя нѣкоторое время; послѣднее тѣмъ больше, чѣмъ слабѣе дѣйствіе. Красное пятно появляется на томъ мѣстѣ, на которое дѣйствовалъ радій, и напоминаетъ ожогъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ образуется пузырь, а послѣ продолжительнаго дѣйствія изъявленіе, которое требуетъ долгаго леченія. Кюри дѣйствовалъ сравнительно слабымъ радіоактивнымъ веществомъ на свою руку въ теченіе 10 часовъ. Сейчасъ-же появилась краснота, а спустя нѣкоторое время образовалась рана, которую лѣчили потомъ четыре мѣсяца. Произошло мѣстное разрушеніе эпидермы, которая зарубцевывалась медленно и съ большимъ трудомъ. Ожогъ отъ получасоваго дѣйствія радія появился только спустя 15 дней, причемъ образовался пузырь, который зажилъ только черезъ 15 дней. Другой ожогъ отъ восьмиминутнаго дѣйствія радія явился причиной образованія едва замѣтнаго краснаго пятна черезъ два мѣсяца.

Радій дѣйствуетъ на кожу даже черезъ металлы, но въ меньшей мѣрѣ. Чтобы предохранить себя отъ его дѣйствія, надо обернуть радій въ листъ свинца.

Дѣйствіе радія на кожу было изучено д-ромъ Данлосъ въ больницѣ Сенъ-Луи, какъ способъ леченія нѣкоторыхъ накожныхъ болѣзней, похожій на лѣченіе Рентгеновыми лучами или ультрафіолетовымъ свѣтомъ. Въ этомъ отношеніи радій даетъ утѣшительные результаты: частью разрушенная эпидерма возстанавливается отъ дѣйствія радія. Его вліяніе значительно глубже вліянія свѣта, а употребленіе легче примѣненія Рентгеновыхъ лучей или ультрафіолетоваго свѣта. Условія примѣненія требуютъ долгаго изученія, такъ какъ результатъ обнаруживается только нѣкоторое время спустя послѣ употребленія.

Гизель наблюдалъ дѣйствіе радія на листья растеній, которые желтѣютъ и сохнутъ.

---

[1]) Walkhoff, Phot. Rundschau, октябрь 1900 г. — Giesel, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch., t. XXIII. — Becquerel et Curie, Comptes rendus, t. CXXXII, p. 1289.

Гизель открылъ также дѣйствіе радіевыхъ лучей на глазъ [1]). Если помѣстить въ темнотѣ радіоактивное вещество вблизи закрытаго глаза или виска, то получается впечатлѣніе свѣта, наполняющаго глазъ. Это явленіе было изучено Гимштедтомъ и Нагелемъ [2]). Они показали, что всѣ части глаза флюоресцируютъ отъ дѣйствія радія и этимъ объясняется ощущеніе свѣта. Слѣпые съ нетронутой сѣтчаткой чувствительны къ дѣйствію радія, тогда какъ слѣпые съ больной сѣтчаткой не получаютъ ощущенія свѣта [3]).

Радіевые лучи мѣшаютъ развитію микробовъ, но это дѣйствіе не очень сильно [4]).

Данишъ показалъ недавно, что радіевые лучи энергично дѣйствуютъ на мозговину костей, а также на головной мозгъ. У животныхъ, подвергаемыхъ дѣйствію радіевыхъ лучей въ теченіе часа, наступаетъ параличъ и они обыкновенно умираютъ спустя нѣсколько дней [5]).

Дѣйствіе температуры на лучеиспусканіе.—Въ настоящее время мы еще очень мало знаемъ о вліяніи температуры на лучеиспусканіе. Извѣстно, что радіоактивныя вещества не перестаютъ испускать лучи при низкихъ температурахъ. Г-нъ Кюри помѣстилъ въ жидкій воздухъ стекляную трубку съ радійсодержащимъ хлористымъ баріемъ [6]) и замѣтилъ, что лучеиспусканіе не только прекращается при этихъ условіяхъ, но что оно какъ будто усилилось въ тотъ моментъ, когда вытащили трубку изъ жидкаго воздуха. При температурѣ жидкаго воздуха радій продол-

---

[1]) Giesel, Naturforscherversammlung, München, 1899.

[2]) Himstedt et Nagel, Ann. der Physik, t. IV, 1901 г.

[3]) Въ своемъ докладѣ, читанномъ недавно (въ февралѣ 1904 г.) въ Академіи (Académie de Médécine), Д-ръ Дарье приводитъ интересныя наблюденія о дѣйствіи радія на нѣкоторые нервные центры. Нервные припадки и конвульсіи, повторявшіеся въ одномъ случаѣ четыре раза въ недѣлю, а въ другомъ каждый день, совершенно прекратились послѣ того, какъ радій прикладывался къ вискамъ въ теченіе 2—3 дней. Дарье разсказываетъ объ излеченіи псевдо-атаксіи на почвѣ неврастеніи въ три дня и остраго паралича лица въ одинъ день.

Во всѣхъ этихъ случаяхъ (такъ-же, какъ въ томъ случаѣ, о которомъ д-ръ Дарье читалъ 6 октября 1903 г., излѣченіе рака лица радіемъ) примѣнялся радій со слабой активностью: отъ 10 до 7.000 единицъ. (Измѣренія производились въ лабораторіи Кюри). *Прим. перев.*

[4]) Aschkinass et Caspari, Ann. der Physik, t. VI, 1901, p. 570.

[5]) Danysz, Comptes rendus, 16 февраля 1903 г.

[6]) Curie, Société de Physique, 2 марта 1900 г.

жаетъ возбуждать флюоресценцію сѣрнокислой соли урана и калія. Электрическія измѣренія, произведенныя г-номъ Кюри, показали, что на извѣстномъ разстояніи отъ источника лучеиспусканіе радія столь же интенсивно, находится ли онъ при температурѣ окружающей среды или жидкаго воздуха. Въ этихъ опытахъ радій помѣщался на днѣ трубки, открытой съ одной стороны. Лучи выходили съ открытаго конца, проходили нѣкоторое пространство въ воздухѣ и попадали въ конденсаторъ. Дѣйствіе лучей на воздухъ конденсатора измѣрялось когда трубка находилась въ воздухѣ, а также когда была окружена жидкимъ воздухомъ до извѣстной высоты. Въ обоихъ случаяхъ получились одинаковые результаты.

Радіоактивность не прекращается и при очень высокихъ температурахъ. Только-что расплавленный радійсодержащій хлористый барій (при температурѣ 800°) свѣтится и обнаруживаетъ радіоактивность. Надо, впрочемъ, замѣтить, что радіоактивность временно уменьшается при продолжительномъ нагрѣваніи до высокой температуры. Пониженіе радіоактивности достигаетъ иногда даже 75% общаго лучеиспусканія. Оно значительно меньше для поглощаемыхъ лучей, чѣмъ для проникающихъ. Съ теченіемъ времени, а именно черезъ два мѣсяца послѣ нагрѣванія, лучеиспусканіе принимаетъ прежнюю интенсивность и составъ.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Индуктированная активность.

Передача активности неактивнымъ веществамъ.— Во время нашихъ (г-на Кюри и моихъ) изслѣдованій мы замѣтили, что всякое вещество, находящееся въ теченіе нѣкотораго времени въ сосѣдствѣ съ радійсодержащей солью, становится радіоактивнымъ[1]). Въ нашей первой замѣткѣ по этому вопросу мы старались доказать, что радіоактивность, пріобрѣтенная первоначально нерадіоактивными веществами, не зависитъ отъ отложенія радіоактивныхъ частицъ на поверхности этихъ веществъ. Этотъ фактъ доказанъ многими опытами, которые будутъ описаны ниже, и особенно законами, по которымъ пріобрѣтенная радіоактивность исчезаетъ при дѣйствіи радія на вещества, ставшія радіоактивными. Мы назвали новое явленіе явленіемъ индуктированной активности.

Въ той-же замѣткѣ мы указали существенныя особенности индуктированной активности. Мы сдѣлали активными пластинки разныхъ веществъ, помѣщая ихъ въ сосѣдствѣ съ твердыми радійсодержащими солями, и изучили радіоактивность этихъ пластинокъ помощью электрическаго метода. Мы сдѣлали слѣдующія наблюденія:

1) Активность пластинки, на которую дѣйствуетъ радій, увеличивается при продолжительномъ дѣйствіи, асимптотически приближаясь къ извѣстному предѣлу.

2) Активность пластинки, пріобрѣтенная подъ вліяніемъ радія, исчезаетъ въ нѣсколько дней въ отсутствіи его. Съ теченіемъ времени индуктированная активность приближается асимптотически къ нулю.

3) При прочихъ равныхъ условіяхъ радіоактивность, сообщенная пластинкѣ однимъ и тѣмъ-же радійсодержащимъ веще-

[1]) M. et M-me Curie, Comptes rendus, 6 ноября 1899 г.

ствомъ, не зависитъ отъ природы пластинки. Сообщеніе активности стеклу, бумагѣ, металламъ совершается одинаково интенсивно.

4) Активность, сообщенная одной и той-же пластинкѣ разными радійсодержащими веществами, тѣмъ больше (въ извѣстныхъ предѣлахъ) чѣмъ радіоактивнѣе вещество.

Рутерфордъ нашелъ, что торіевыя соединенія также способны сообщать активность [1]). Передача активности совершается по тѣмъ-же законамъ, которые изложены нами для радія, причемъ интересно то обстоятельство, что отрицательно наэлектризованнымъ тѣламъ сообщается болѣе интенсивная активность, чѣмъ другимъ. Рутерфордъ кромѣ того наблюдалъ, что воздухъ, проходя надъ окисью торія, сохранялъ въ теченіи 10 минутъ значительную проводимость. Въ этомъ состояніи воздухъ сообщаетъ активность неактивнымъ веществамъ, въ особенности отрицательно наэлектризованнымъ тѣламъ. Рутерфордъ объясняетъ передачу активности особой отрицательно наэлектризованной радіоактивной эманаціи, исходящей изъ торіевыхъ соединеній (особенно изъ окиси торія) и увлекаемой воздушными потоками. Опыты Рутерфорда съ окисью торія были воспроизведены Дорномъ съ радійсодержащими баріевыми солями [2]).

Дебирнъ показалъ, что актиній энергично сообщаетъ радіоактивность сосѣднимъ тѣламъ, причемъ радіоактивность также уносится воздушными потоками [3]).

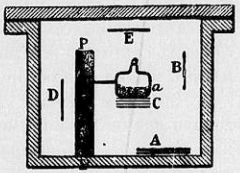
Индуктированная активность бываетъ самая разнообразная. Если радіоактивность сообщается радіемъ сосѣднему тѣлу при свободномъ доступѣ воздуха, то получаются неправильные результаты. Кюри и Дебирнъ показали, что правильные результаты наблюдаются въ томъ случаѣ, если опытъ производится въ закрытомъ сосудѣ [4]).

Передача активности въ закрытомъ сосудѣ. — Передача активности совершается правильнѣе и интенсивнѣе въ закрытомъ сосудѣ. Активное вещество помѣщается въ маленькій стеклянный пузырекъ a, открытый въ o (рис. 12) и находящійся въ серединѣ закрытаго сосуда. Пластинки A, B, C, D, E, помѣщающіяся въ сосудѣ, становятся радіоактивными черезъ день въ одинаковой степени, независимо отъ ихъ природы (свинецъ, мѣдь, алюминій, стекло, роговой каучукъ, воскъ, картонъ, парафинъ) если онѣ обладаютъ одинаковыми размѣрами. Активность какой-нибудь стороны пластинки тѣмъ больше, чѣмъ больше свободное пространство, окружающее эту сторону.

[1]) Rutherford, Phil. Mag., январь и февраль 1900 г.
[2]) Dorn, Abh.. Naturforsch. Gesellsch. Halle, іюнь 1900 г.
[3]) Debierne, Comptes rendus, 30 іюля 1900 г. и 16 февраля 1904 г.
[4]) Curie et Debierne, Comtes rendus, 4 марта 1901 г.

Передача активности не имѣетъ мѣста въ томъ случаѣ, если пузырекъ a совершенно закрытъ.

Рис. 12.



Лучеиспусканіе радія не принимаетъ прямаго участія въ передачѣ активности. Это доказывается предыдущимъ опытомъ, въ которомъ пластинка D, защищенная отъ лучеиспусканія толстымъ свинцовымъ экраномъ PP, обнаруживаетъ такую-же активность, какъ пластинки B и E.

Радіоактивность передается воздухомъ отъ источника къ неактивному тѣлу. Она можетъ также передаваться довольно далеко помощью узкихъ капиллярныхъ трубокъ.

Переддча радіоактивности происходитъ правильнѣе и интенсивнѣе при замѣнѣ твердой радійсодержащей соли ея воднымъ растворомъ. Жидкости обладаютъ свойствомъ пріобрѣтать сообщенную радіоактивность. Можно сообщить радіоактивность чистой водѣ, если помѣстить ее въ закрытый сосудъ, заключающій также и растворъ радійсодержащей соли.

Нѣкоторыя вещества (фосфоресцирующія и флюоресцирующія тѣла, стекло, бумага, вата, вода, растворы солей) начинаютъ свѣтиться при помѣщеніи ихъ въ сосудъ, содержащій активное вещество. Особенно хорошо свѣтится въ такихъ условіяхъ фосфоресцирующій сѣрнистый цинкъ. Надо впрочемъ, замѣтить, что радіоактивность этихъ (свѣтящихся) тѣлъ та-же, что радіоактивность куска металла или другого тѣла, которое становится при этихъ условіяхъ радіоактивнымъ, но не свѣтится.

Индуктированная активность всякаго вещества возрастаетъ съ теченіемъ времени до извѣстнаго постояннаго предѣла при употребленіи одного и того же источника и при одинаковой обстановкѣ опыта.

Предѣльная индуктированная активность не зависитъ отъ природы и давленія газа въ сосудѣ (воздухъ, водородъ, углекислота).

Предѣльная индуктированная активность въ одномъ и томъ же сосудѣ зависитъ исключительно отъ количества радія, находящагося въ немъ въ видѣ раствора и, повидимому, пропорціональна этому количеству.

Роль газовъ при передачѣ активности. Эманація. — Газы, находящіеся въ сосудѣ съ твердымъ радіемъ или съ растворомъ его, пріобрѣтаютъ радіоактивность. Послѣдняя не пропадаетъ при выкачиваніи газовъ насосомъ и при собираніи ихъ въ цилиндръ. Стѣнки цилиндра становятся радіоактивными и стекло его свѣтится въ темнотѣ. Радіоактивность цилиндра и его способность свѣтиться исчезаютъ затѣмъ довольно медленно, и спустя мѣсяцъ можно еще обнаружить радіоактивность.

Въ самомъ началѣ своихъ изслѣдованій мы (г-нъ Кюри и я) добыли при нагрѣваніи смоляной урановой руды весьма радіоактивный газъ, который потерялъ съ теченіемъ времени свою радіоактивность [1]).

О торіѣ, радіѣ, актиніѣ мы знаемъ, что радіоактивность распространяется отъ нихъ на стѣнки заключающихъ ихъ сосудовъ и передается газомъ, наполняющимъ эти сосуды.

При измѣреніи радіоактивности радійсодержащихъ веществъ помощью электрическаго метода (аппаратъ рис. 1), воздухъ, находящійся между дисками, становится радіоактивнымъ. Но если направить воздушный потокъ въ пространство, отдѣляющее диски, то интенсивность тока мало уменьшается. Это, очевидно, указываетъ на тотъ фактъ, что радіоактивность воздуха, отдѣляющаго диски, весьма незначительна въ сравненіи съ радіоактивностью самаго радія въ твердомъ состояніи.

Совсѣмъ другое мы видимъ по отношенію къ торію. Неправильности, замѣченныя мною при измѣреніи радіоактивности торіевыхъ соединеній, объясняются тѣмъ, что я работала съ открытымъ доступу воздуха конденсаторомъ. Такимъ образомъ всякій потокъ воздуха оказываетъ значительное вліяніе на интенсивность тока по той причинѣ, что радіоактивность воздуха въ сосѣдствѣ съ торіемъ довольно значительна въ сравненіи съ радіоактивностью этого вещества.

То-же относится къ актинію и даже въ большей мѣрѣ: активное соединеніе актинія обнаруживаетъ меньшую активность если направить на него потокъ воздуха.

[1]) P. Curie et M-me Curie, Raports au Congrès de Physique, 1900 года.

Очевидно, что въ газахъ радіоактивная энергія находится въ особой формѣ. Рутерфордъ полагаетъ, что нѣкоторыя радіоактивныя тѣла постоянно выдѣляютъ радіоактивный матеріальный газъ, который онъ называетъ эманаціей. Этотъ газъ обладаетъ, какъ думаетъ Рутерфордъ, свойствомъ сообщать радіоактивность тѣламъ, находящимся въ наполняемомъ ими пространствѣ. Эманація выдѣляется радіемъ, торіемъ и актиніемъ.

Потеря радіоактивности при свободномъ доступѣ воздуха твердыми тѣлами, которымъ была сообщена радіоактивность. Твердое тѣло, которому радій передавалъ въ закрытомъ сосудѣ активность въ продолженіе опредѣленнаго времени, теряетъ, при свободномъ доступѣ воздуха, активность согласно показательной функціи. Законъ потери одинаковъ для всѣхъ тѣлъ и выражается слѣдующей формулой [1]):

$$I = I_0\left(ae^{-\frac{t}{\theta_1}} - (a-1)\,e^{-\frac{t}{\theta_2}}\right),$$

I_0 означаетъ начальную интенсивность въ тотъ моментъ, когда пластинка вынимается изъ сосуда, I интенсивность во время t; a — численный коэффиціентъ $a = 4{,}20$; θ_1 и θ_2 — постоянныя величины времени: $\theta_1 = 2420$ секундамъ, $\theta_2 = 1860$ секундамъ. Спустя 2—3 часа этотъ законъ замѣняется простой показательной функціей и вторая показательная функція не оказываетъ значительнаго вліянія на величину I. Согласно закону потери радіоактивности, интенсивность лучеиспусканія уменьшается на половину въ 28 минутъ. Это слѣдствіе можетъ считаться характеристикой потери радіоактивности твердыми тѣлами при свободномъ доступѣ воздуха.

Твердыя тѣла, которымъ актиній передалъ активность, теряютъ ее при свободномъ доступѣ воздуха согласно показательной функціи, напоминающей предыдущую. Въ данномъ случаѣ активность теряется однако медленнѣе [2]).

Потеря радіоактивности твердыми тѣлами, которымъ торій сообщилъ это свойство, происходитъ гораздо медленнѣе. Интенсивность лучеиспусканія уменьшается на половину въ теченіи 11 часовъ [3]).

Потеря радіоактивности въ закрытомъ сосудѣ. Скорость потери эманаціи [4]). — Радіоактивность, сообщен-

[1]) Curie et Danne, Comptes rendus, 9 февраля 1903 г.
[2]) Debierne, Comptes rendus, 16 февраля 1903 г.
[3]) Rutherford, Phil. Mag., февраль 1900 г.
[4]) P. Curie, Comptes rendus, 17 ноября 1902 г.

ная закрытому сосуду радіемъ, который былъ затѣмъ удаленъ оттуда, теряется горяздо медленнѣе, чѣмъ при свободномъ доступѣ воздуха. Можно, напримѣръ, произвести опытъ съ стеклянной трубкой, которая находится въ сообщеніи съ растворомъ радіевой соли. Трубка запаивается затѣмъ на лампѣ и лучеиспусканіе стѣнками трубки измѣряется, пока совершается процессъ потери радіоактивности. Законъ потери радіоактивности выражается, въ видѣ показательной функціи, слѣдующей точной формулой:

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\theta}}.$$

I_0 — интенсивность начальнаго лучеиспусканія; I — интенсивность лучеиспусканія во время t; θ — постоянная величина $= 4.970 \times 10^5$ секундъ.

Интенсивность лучеиспусканія уменьшается на половину въ четыре дня.

Этотъ законъ потери радіоактивности совершенно независимъ отъ условій опыта, размѣровъ сосуда, природы стѣнокъ, природы газа, наполняющаго сосудъ, продолжительности времени пребыванія радіоактивнаго вещества въ сосудѣ и пр. Законъ потери радіоактивности не находится въ зависимости отъ температуры между -180^0 и $+450^0$ и могъ-бы служить поэтому опредѣленіемъ единицы мѣры времени.

Въ этихъ опытахъ активность стѣнокъ поддерживается накопившейся въ газѣ радіоактивной энергіей. Если выкачать газъ изъ сосуда, то стѣнки теряютъ радіоактивность очень скоро, такъ что интенсивность лучеиспусканія уменьшается на половину въ 28 минутъ. Тотъ-же результатъ получается при замѣнѣ активнаго воздуха неактивнымъ.

Законъ потери радіоактивности съ уменьшеніемъ послѣдней на половину въ 4 дня характеризуетъ исчезновеніе радіоактивной энергіи, накопившейся въ газахъ. Пользуясь выраженіемъ Рутерфорда, можно сказать, что эманація радія исчезаетъ со временемъ, уменьшаясь на половину въ 4 дня.

Эманація торія носитъ другой характеръ и исчезаетъ гораздо скорѣе. Его способность передавать активность уменьшается на половину, приблизительно въ теченіи 1 м. и 10 сек.

Эманація актинія исчезаетъ еще скорѣе; она прекращается на половину въ нѣсколько секундъ.

Эльстеръ и Гейтель показали, что въ атмосферномъ воздухѣ постоянно находится въ очень небольшомъ количествѣ радіоактивная эманація, аналогичная эманаціи радіоактивныхъ тѣлъ.

Если держать при отрицательномъ потенціалѣ натянутыя въ воздухѣ металлическія проволоки, то онѣ становятся активными благодаря эманаціи. Втягивая воздухъ черезъ трубку, погруженную въ землю, можно убѣдиться, что при этихъ условіяхъ онъ богатъ эманаціей [1]). Въ настоящее время намъ ничего неизвѣстно о происхожденіи этой эманаціи. Воздухъ, добытый изъ нѣкоторыхъ минеральныхъ водъ, содержитъ эманацію, тогда какъ воздухъ, находящійся въ морской и рѣчной водѣ, почти не обнаруживаетъ присутствія ея.

Природа эманаціи.—Рутерфордъ полагаетъ, что эманація представляетъ собой матеріальный радіоактивный газъ, исходящій изъ радіоактивнаго тѣла. Надо сознаться, что эманація радія напоминаетъ обыкновенный газъ во многихъ отношеніяхъ. Пользуясь двумя, сообщающимися другъ съ другомъ, резервуарами, изъ которыхъ одинъ содержитъ эманацію, а другой свободенъ отъ нея, можно убѣдиться, что эманація диффундируетъ въ послѣдній резервуаръ. Послѣ того, какъ установилось равновѣсіе, нетрудно замѣтить, что оба резервуара содержатъ равныя количества эманаціи. Если оба резервуара находятся при одинаковой температурѣ, они содержатъ одинаковые объемы эманаціи, а при разныхъ температурахъ объемы соотвѣтствуютъ, какъ у всѣхъ совершенныхъ газовъ, законамъ Маріотта и Гей-Люссака [2]). Чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно измѣрить лучеиспусканіе перваго резервуара до и послѣ опыта, такъ какъ лучеиспусканіе пропорціонально количеству эманаціи, которое находится въ резервуарѣ. Но такъ какъ диффузія эманаціи требуетъ извѣстнаго времени для того, чтобы установилось равновѣсіе, то необходимо при вычисленіи принять въ разсчетъ самопроизвольную потерю эманаціи со временемъ [3]).

Эманація радія диффундируетъ по узкой трубкѣ согласно законамъ диффузіи газовъ, причемъ его коэффиціентъ диффузіи напоминаетъ коэффиціентъ диффузіи углекислаго газа [4]). Руттерфордъ и Содди показали, что эманація радія и торія сгущаются при температурѣ жидкаго воздуха точно такъ-же, какъ газы, превращающіеся въ жидкость при этой температурѣ. Потокъ воздуха, содержащій эманацію, теряетъ радіоактивность при прохожденіи че-

---

[1]) Elster et Geitel, Physik. Zeitschrift, 15 сентября 1902 г.

[2]) Т. е. объемъ газа прямо пропорціоналенъ температурѣ и обратно пропорціоналенъ давленію. *Прим. перев.*

[3]) P. Curie et J. Danne, Comptes rendus, 2 іюня 1903 г.

[4]) P. Curie et J. Danne, Comptes rendus, 2 іюня 1903 г.

резъ змѣевикъ [1]), погруженный въ жидкій воздухъ. Эманація остается въ сгущенномъ видѣ въ змѣевикѣ и переходитъ въ газообразное состояніе при нагрѣваніи его. Эманація радія сгущается при температурѣ — 150°, а — торія между — 100° и — 150° [2]).

Можно произвести слѣдующій опытъ: два закрытыхъ стеклянныхъ резервуара, изъ которыхъ одинъ больше другого, сообщаются помощью короткой трубки, снабженной краномъ. Оба резервуара наполнены газомъ (которому радій сообщилъ активность) и, слѣдовательно, обладаютъ способностью свѣтиться. Маленькій резервуаръ погружается въ жидкій воздухъ, подъ вліяніемъ котораго вся эманація сгущается. Спустя нѣкоторое время закрывается кранъ и маленькій резервуаръ вынимается изъ жидкаго воздуха. По фосфоресценціи стекла маленькаго резервуара легко убѣдиться, что въ немъ сосредоточена вся активность; онъ свѣтится гораздо больше, чѣмъ въ началѣ опыта, тогда какъ большой резервуаръ совершенно перестаетъ свѣтиться. Опытъ особенно демонстративенъ, если предварительно покрыть стѣнки обоихъ резервуаровъ фосфоресцирующимъ сѣрнистымъ цинкомъ.

Еслибы эманація радія была совершенно аналогична газу, который способенъ превращаться въ жидкость, то температура сгущенія путемъ охлажденія должна была-бы быть функціей количества эманаціи, которое содержитъ опредѣленный объемъ воздуха. Эта зависимость не была установлена.

Необходимо также замѣтить, что эманація легко проходитъ черезъ самыя тонкія щели и отверстія твердыхъ тѣлъ при такихъ условіяхъ, при которыхъ обыкновенные матеріальные газы проходятъ чрезвычайно медленно.

Эманація радія отличается отъ обыкновеннаго матеріальнаго газа, наконецъ, тѣмъ, что она самопроизвольно исчезаетъ въ запаянной стеклянной трубкѣ. При этихъ условіяхъ замѣчается, по крайней мѣрѣ, исчезновеніе радіоактивности, которая является, какъ извѣстно, единственной характеристикой эманаціи въ настоящее время. Другія свойства эманаціи, какъ характерный спектръ или давленіе, не установлены по настоящее время.

Только въ послѣднее время Рамзай и Содди нашли въ спектрѣ газовъ, добытыхъ изъ радія, новыя линіи, которыя принадлежатъ, какъ они думаютъ, эманаціи. Они обнаружили также присутствіе гелія въ этихъ газахъ и способность самопроизвольнаго

[1]) Перегонный кубъ въ видѣ спирали. *Прим. перев.*
[2]) Ruthrford et Soddy, Phil. Mag., май 1903 г.

образованія его въ присутствіи радіевой эманаціи [1]). Если эти важные результаты подтвердятся, то эманацію можно будетъ разсматривать какъ нестойкій матеріальный газъ, дающій гелій, какъ одинъ изъ продуктовъ распаденія.

Радіевая и торіевая эманаціи не измѣняются, повидимому, подъ вліяніемъ разныхъ химическихъ дѣятелей. Рутерфордъ и Содди относятъ ихъ по этому къ газамъ, близкимъ къ аргону [2]).

Измѣненіе активности жидкостей съ индуктированной активностью и радійсодержащихъ растворовъ.—Всякая жидкость становится радіоактивной внутри активнаго сосуда. Если удалить жидкость изъ этого сосуда и оставить ее на свободномъ воздухѣ, она скоро теряетъ свою радіоактивность, сообщая ее окружающимъ газамъ или твердымъ тѣламъ. При заключеніи жидкости въ закрытый сосудъ, ея индуктированная активность теряется гораздо медленнѣе, подобно тому, что наблюдалось на газахъ въ закрытомъ сосудѣ: радіоактивность уменьшается въ этомъ случаѣ на половину въ 4 дня. Этотъ фактъ находитъ объясненіе въ допущеніи, что радіоактивная энергія находится въ жидкостяхъ въ такой-же формѣ, какъ и въ газахъ (т. е. въ формѣ эманаціи).

Растворъ радійсодержащей соли относится аналогичнымъ образомъ. Растворъ радіевой соли, находящійся съ нѣкотораго времени въ закрытомъ помѣщеніи, обнаруживаетъ такую же радіоактивность, какъ и чистая вода въ томъ-же помѣщеніи (послѣ того, какъ установилось равновѣсіе радіоактивности). Если удалить растворъ радійсодержащей соли и оставить его при свободномъ доступѣ воздуха, то радіоактивность распространяется въ пространствѣ и растворъ почти теряетъ активность, несмотря на то, что онъ содержитъ радій. Но стоитъ помѣстить этотъ растворъ въ закрытый флаконъ и къ нему мало по малу возвращается его радіоактивность, предѣлъ которой (часто довольно высокій) достигается въ двѣ недѣли. Это не имѣетъ мѣста въ потерявшей радіоактивность жидкости, которая не содержитъ радія: радіоактивность не возвращается къ ней больше при помѣщеніи ея въ закрытый флаконъ.

Теорія радіоактивности. — Общая теорія Кюри и Дебирна даетъ объясненіе изложеннымъ выше результатомъ индуктированной активности [3]).

[1]) Ramsay et Soddy, Physik. Zeitschrift, 15 сентября 1903 г.
[2]) Phil. Mag., 1902 p. 580; 1903 p. 457.
[3]) Curie et Debierne, Comptes rendus, 29 іюля 1901 г.

Согласно этой теоріи, каждый атомъ радія дѣйствуетъ, какъ постоянный источникъ энергіи, причина которой намъ неизвѣстна. Накопляющаяся въ радіѣ радіоактивная энергія разсѣевается: 1) путемъ лучеиспусканія (наэлектризованные и ненаэлектризованные лучи) 2) путемъ передачи ея окружающимъ тѣламъ при посредствѣ газовъ и жидкостей (эманація и индуктированная активность).

Потеря радіоактивной энергіи путемъ лучеиспусканія и передачи возрастаетъ съ количествомъ накопившейся въ радіоактивномъ веществѣ энергіи. Равновѣсіе необходимо устанавливается тогда, когда эта двойная потеря уравновѣшиваетъ безпрестанный притокъ энергіи совершающійся въ радіѣ. Эта точка зрѣнія аналогична той точкѣ зрѣнія, съ которой разсматриваются тепловыя явленія. Если внутри какого-нибудь тѣла происходитъ почему-либо постоянное выдѣленіе тепла, послѣднее накопляется въ тѣлѣ и температура поднимается до тѣхъ поръ, пока потеря теплоты путемъ лучеиспусканія и передачи окружающимъ тѣламъ уравновѣситъ постоянный притокъ тепла.

Можно сказать, что радіоактивность вообще не передается черезъ твердыя тѣла (если не считать нѣкоторыхъ исключеній при спеціальныхъ условіяхъ). Если сохранять растворъ въ запаянной трубкѣ, то потеря совершается только путемъ лучеиспусканія и радіоактивность раствора возрастаетъ.

Если-же растворъ находится въ открытомъ сосудѣ, потеря радіоактивности путемъ передачи ея окружающимъ тѣламъ становится значительной и черезъ нѣкоторое время растворъ обнаруживаетъ очень слабую радіоактивность.

Радіоактивность радійсодержащей твердой соли мало уменьшается при свободномъ доступѣ воздуха. Дѣло въ томъ, что въ этомъ случаѣ радіоактивность передается только тонкимъ поверхностнымъ слоемъ, такъ какъ радіоактивность не передается, какъ мы говорили, черезъ твердыя тѣла. Стоитъ взять растворъ этой-же соли, чтобы констатировать болѣе интенсивное сообщеніе радіоактивности. Если мы имѣемъ дѣло съ твердой солью, то мы наблюдаемъ, что радіоактивная энергія накопляется въ соли и потеря ея совершается только путемъ лучеиспусканія. Если-же соль растворена была въ водѣ нѣсколько дней тому назадъ, то радіоактивная энергія распредѣляется между водой и солью. При раздѣленіи ихъ путемъ перегонки вода увлекаетъ большую часть радіоактивности и твердая соль становится тогда въ 10—15 разъ менѣе радіоактивной. Мало-по-малу твердая соль принимаетъ первоначальную активность. Приведенная нами теорія становится яснѣе, если допустить, что большая часть радіоактивности самаго радія обусловливается радіоактивной энергіей испускаемой въ формѣ эманаціи.

Можно предположить, что каждый атомъ радія представляетъ собой постоянный источникъ эманаціи. Эта форма энергіи постепенно превращается въ радіоактивную энергію Беккерелевыхъ лучей, причемъ скорость превращенія пропорціональна количеству накопившейся энергіи.

При помѣщеніи раствора радія въ закрытый сосудъ, эманація можетъ распространяться въ сосудѣ и по стѣнкамъ его, и растворъ испускаетъ мало Беккерелевыхъ лучей. Что касается твердаго радія, то эманаціи удаляется изъ него съ трудомъ, накопляется и превращается на мѣстѣ въ Беккерелевы лучи [1]).

Еслибы эта теорія радіоактивности распространялась на всѣ радіоактивныя тѣла, то можно было-бы допустить, что всѣ они испускаютъ эманацію. Это и было найдено для радія, торія и актинія, причемъ послѣдній испускаетъ много эманаціи, даже находясь въ твердомъ видѣ. Уранъ и полоній не испускаютъ, повидимому, эманацію, хотя испускаютъ Беккерелевы лучи. Эти тѣла не обладаютъ способностью передачи радіоактивности въ закрытомъ сосудѣ, подобно вышеприведеннымъ тѣламъ, но это не составляетъ обсолютнаго противорѣчія изложенной теоріи. Еслибы уранъ и полоній испускали эманацію чрезвычайно быстро, то было-бы трудно наблюдать увлеченіе ея воздухомъ и передачу радіоактивности сосѣднимъ тѣламъ. Въ этой гипотезѣ нѣтъ ничего невѣроятнаго, если принять во вниманіе, что времена, которыя требуются для уменьшенія радіоактивности на половину у радія и торія, относятся между собою, какъ 5,000 къ 1. Мы увидимъ, что при нѣкоторыхъ условіяхъ уранъ обладаетъ способностью передавать радіоактивность сосѣднимъ тѣламъ,

Другая форма индуктированной активности.—Согласно закону потери радіоактивности при свободномъ доступѣ воздуха твердыми тѣлами, которымъ радій сообщилъ радіоактивность, эта послѣдняя почти незамѣтна черезъ день.

Исключеніе составляютъ: целлюлоидъ, парафинъ, каучукъ и др. Если этимъ тѣламъ сообщалась радіоактивность въ теченіе долгаго времени, она теряется гораздо медленнѣе и становится незамѣтной часто спустя 15—20 дней. Можно подумать, что они

[1]) Curie, Comptes rendus, 26 января 1903 г.

впитываютъ въ себя радіоактивную энергію въ формѣ эманаціи и мало-по-малу теряютъ ее, передавая активность сосѣднимъ тѣламъ.

Медленно измѣняющаяся индуктированная активность. — Совсѣмъ другой видъ индуктированной активности наблюдается на всѣхъ тѣлахъ, пробывшихъ нѣсколько мѣсяцевъ въ сосудѣ, заключающемъ активное вещество. Если удалить тѣла изъ сосуда, то можно замѣтить, что ихъ активность сначала уменьшается согласно обыкновенному закону (уменьшеніе на половину въ полчаса). Но послѣ того, какъ активность дошла до $\frac{1}{20.000}$ начальной интенсивности, она больше не уменьшается или уменьшается чрезвычайно медленно, а иногда даже возрастаетъ. Мы замѣтили такимъ образомъ, что мѣдныя, алюминіевыя и стеклянныя пластинки сохраняютъ оставшуюся радіоактивность въ теченіе полугода. Эти явленія индуктированной активности отличаются отъ обыкновенныхъ явленій своимъ медленнымъ развитіемъ.

Какъ для производства, такъ и для исчезновенія этой формы индуктированнной активности требуется долгое время.

Радіоактивность, сообщенная веществамъ при пребываніи ихъ въ растворѣ вмѣстѣ съ радіемъ. — При обработкѣ радійсодержащаго радіоактивнаго минерала, съ цѣлью добыть радій, можно раздѣлить вещества такимъ образомъ, чтобы вся радіоактивность осталась въ одномъ продуктѣ. Съ одной стороны получается радіоактивный продуктъ, радіоактивность котораго можетъ превышать активность урана, а съ другой — совершенно неактивные: мѣдь, сурьма, мышьякъ и др. Нѣкоторыя тѣла, какъ желѣзо, свинецъ никогда не были выдѣлены въ совершенно неактивномъ видѣ. По мѣрѣ того, какъ радіоактивныя тѣла концентрируются, они измѣняются; ни одинъ продуктъ химическаго разложенія не является абсолютно неактивнымъ; всѣ вещества, полученныя путемъ химическаго раздѣленія, активны въ различной степени.

Послѣ открытія сообщенной радіоактивности Гизель впервые попытался сдѣлать активнымъ обыкновенный неактивный висмутъ въ растворѣ вмѣстѣ съ весьма активнымъ радіемъ. Получивъ такимъ путемъ радіоактивный висмутъ [1]), Гизель вывелъ изъ этого заключеніе, что полоній, добытый изъ смоляной урановой руды, представлялъ собой висмутъ, ставшій радіоактивнымъ въ сосѣдствѣ съ радіемъ.

[1]) Giesel, Soc. de Physique de Berlin, январь 1900 г.

Я сообщила активность обыкновенному висмуту тѣмъ, что держала его въ растворѣ вмѣстѣ съ весьма активной радійсодержащей солью.

Этотъ опытъ представляетъ большія трудности по тѣмъ предосторожностямъ, которыя необходимо принять при выдѣленіи радія изъ раствора. Если принять во вниманіе, что безконечное малое количество радія сообщаетъ значительную радіоактивность одному грамму какого-нибудь вещества, то намъ всегда будетъ казаться, что мы недостаточно промыли и очистили вещество отъ радія. Опытъ показалъ, что каждая очистка ведетъ къ уменьшенію радіоактивности вещества (которому сообщено было это свойство) потому-ли, что при очисткѣ удаляется радій или-же потому, что сообщенная активность теряется при химическихъ превращеніяхъ. Добытыя мною результаты указываютъ тѣмъ не менѣе на то, что полученная радіоактивность остается и послѣ выдѣленія радія. Такъ я нашла при дробленіи азотно-кислаго висмута, обладавшаго индуктированной активностью, путемъ осажденія раствора водой, что, послѣ старательной очистки его, дробленіе анологично дробленію полонія: наиболѣе активная часть осаждается первой. Если очистка была неполная, то можно замѣтить, что слѣды радія находятся вмѣстѣ съ висмутомъ. Такъ я получила активный висмутъ, который, насколько указывало дробленіе, былъ чистъ и радіоактивность котораго превосходила активность урана въ 2.000 разъ. Съ теченіемъ времени его активность падала. Я приготовила другую часть того же вещества съ тѣми же предосторожностями и порядкомъ дробленія и его активность почти не уменьшилась за три года.

Эта активность превосходитъ радіоактивность урана въ 150 разъ.

Я сообщила радіоактивность также свинцу и серебру, оставляя ихъ въ растворѣ вмѣстѣ съ радіемъ. Такимъ путемъ полученная индуктированная активность не уменьшается съ теченіемъ времени, но уменьшается при послѣдовательныхъ химическихъ превращеніяхъ.

Дебирнъ [1]) сообщилъ радіоактивность барію, оставляя послѣдній въ растворѣ съ актиніемъ. Барій сохранилъ пріобрѣтенную радіоактивность послѣ различныхъ химическихъ превращеній. Это обстоятельство указываетъ, очевидно, на то, что его активность представляетъ собой довольно стойкое атомное свойство. Хлори-

[1]) Debierne, Comptes rendus, іюль 1900 г.

стый барій (съ индуктированной активностью) относится къ дробленію такъ-же, какъ радійсодержащій хлористый барій: наиболѣе активныя части отличаются наименьшей растворимостью въ водѣ и въ разбавленной хлористоводородной кислотѣ. Сухой хлористый барій произвольно свѣтится и его Беккерелево лучеиспусканіе аналогично лучеиспусканію радійсодержащаго хлористаго барія. Дебирнъ получилъ хлористый барій, пріобретенная радіоактивность котораго происходила въ 1000 разъ активность урана. Этотъ барій не пріобрѣлъ однако всѣхъ свойствъ радія. Спектроскопъ не обнаружилъ въ немъ ни одной изъ яркихъ линій радія, не говоря уже о томъ, что его активность уменьшалась съ теченіемъ времени и стала втрое слабѣе три недѣли спустя.

Пріобрѣтеніе радіоактивности веществами, находившимися въ растворѣ съ радіоактивными тѣлами, представляетъ много особенностей. Есть основанія думать, что въ зависимости отъ условій опыта можно получить болѣе или менѣе стойкія формы индуктированной атомной активности. Сообщенная при такихъ условіяхъ радіоактивность представляетъ собой, можетъ быть, не что иное, какъ медленно развивающуюся радіоактивность, получаемую продолжительной индукціей радіоактивности въ активномъ помѣщеніи? Можно задаться вопросомъ: въ какой степени сообщенная атомная радіоактивность оказываетъ вліяніе на химическую природу атома и можетъ-ли она измѣнять химическія свойства послѣдняго?

Химическое изслѣдованіе тѣлъ, пріобрѣтающихъ активность на разстояніи, представляетъ то затрудненіе, что сообщеніе радіоактивности ограничивается тонкимъ поверхностнымъ слоемъ. При такихъ условіяхъ измѣненію можетъ подвергаться только очень небольшое количество вещества.

Индуктированная радіоактивность также пріобрѣтается нѣкоторыми веществами при оставленіи ихъ въ растворѣ съ ураномъ. Этотъ опытъ удается съ баріемъ. Если прибавить, подобно Дебирну, сѣрной кислоты къ раствору урана и барія, то сѣрнокислый барій осаждается и обнаруживаетъ радіоактивность, а урановая соль теряетъ часть своей радіоактнвности. Беккерель нашелъ, что при многократномъ повтореніи этого опыта получается едва активный уранъ. Можно подумать, что этимъ путемъ мы выдѣляемъ изъ урана какое-то радіоактивное тѣло, присутствію котораго уранъ обязанъ своей радіоактивностью. На самомъ дѣлѣ это не такъ: спустя нѣсколько мѣсяцевъ къ урану возвращается его

первоначальная радіоактивность, а осадившійся сѣрнокислый барій теряетъ пріобрѣтенную активность.

Аналогичное явленіе наблюдается съ торіемъ. Руттерфордъ осадилъ амміакомъ растворъ торіевой соли, отдѣлилъ растворъ и выпаривалъ его до-суха. Онъ получилъ весьма активный остатокъ, а осаждавшійся торій сталъ менѣе активнымъ, чѣмъ раньше. Активный остатокъ, названный Руттерфордомъ торіемъ x, терялъ съ теченіемъ времени активность, тогда какъ торій пріобрѣталъ первоначальную активность [1]).

Разныя тѣла обнаруживаютъ различное отношеніе къ индуктированнной въ растворѣ радіоактивности: нѣкоторыя тѣла пріобрѣтаютъ въ этихъ условіяхъ бо́льшую радіоактивность, чѣмъ другія.

Разсѣяніе радіоактивной пыли и индуктированная активность лабораторіи. — Точныя изслѣдованія сильно радіоактивныхъ веществъ требуютъ особыхъ предосторожностей. Разныя принадлежности химической лабораторіи, такъ-же какъ и физическіе приборы становятся радіоактивными и обладаютъ способностью дѣйствовать на фотографическія пластинки сквозь черную бумагу. Пыль, воздухъ помѣщенія, платье, пріобрѣтаютъ радіоактивность, и воздухъ помѣщенія становится проводникомъ. Въ той лабораторіи, въ которой мы работаемъ, это зло до того велико, что у насъ нѣтъ больше ни одного совершенно изолированнаго прибора.

Надо принимать, очевидно, особыя предосторожности, чтобы избѣгнуть по возможности разсѣянія активной пыли и избавиться такимъ образомъ отъ явленій индуктированной активности.

Никогда не слѣдуетъ носить химическихъ принадлежностей въ физическую лабораторію и не слѣдуетъ оставлять въ послѣдней активныхъ веществъ. До того, какъ мы занялись изслѣдованіями надъ радіоактивными веществами, мы имѣли обыкновеніе (при электро-статическихъ работахъ) устанавливать сообщеніе между различными аппаратами помощью изолированныхъ металлическихъ проволокъ, предохранявшихся металлическими цилиндрами (соединенными съ землей) отъ внѣшняго электрическаго вліянія. Эти мѣры предосторожности не годятся при изученіи радіоактивныхъ тѣлъ: электромоторная сила соприкосновенія цилиндра и проволоки неизбѣжна, и цилиндръ образуетъ токъ, который передается воздухомъ благодаря его проводимости и отклоняетъ электрометръ. Въ настоящее время мы помѣщаемъ всѣ проволоки

[1]) Rutherford et Soddy, Zeitschr. für physik. Chemie, t. XLII, 1902 г. p. 81.

не въ воздухѣ, а въ цилиндрахъ, наполненныхъ парафиномъ или другимъ изолирующимъ веществомъ. Слѣдовало-бы также пользоваться при этихъ изслѣдованіяхъ совершенно закрытыми электрометрами.

Передача активности при отсутствіи радіоактивныхъ веществъ. — Слѣдующіе опыты производились съ цѣлью получить индуктированную активность безъ радіоактивныхъ веществъ.

Віаръ [1]) подвергъ дѣйствію катодныхъ лучей кусокъ висмута, помѣщеннаго въ качествѣ антикатода въ Круксовой трубкѣ. Висмутъ сталъ радіоактивнымъ въ весьма слабой степени: дѣйствіе его на фотографическую пластинку можно было обнаружить только черезъ восемь дней.

Макъ Леннанъ подвергъ дѣйствію катодныхъ лучей различныя соли, которыя затѣмъ слегка нагрѣвались. Эти соли пріобрѣли свойство разряжать положительно наэлектризованныя тѣла [2]).

Эти изслѣдованія представляютъ большой интересъ. Если бы можно было вызвать подъ вліяніемъ извѣстныхъ физическихъ дѣятелей значительную радіоактивность въ неактивныхъ тѣлахъ, мы могли бы надѣяться найти причину самопроизвольной радіоактивности нѣкоторыхъ веществъ.

Измѣненія активности радіоактивныхъ тѣлъ. — Радіоактивность растворовъ. — Активность полонія уменьшается, какъ я сказала, съ теченіемъ времени. Это уменьшеніе происходитъ медленно, причемъ разные препараты полонія теряютъ радіоактивность неодинаково медленно. Одинъ препаратъ азотнокислаго висмута потерялъ половину своей активности въ 11 мѣсяцевъ и 95% въ 33 мѣсяца. Другіе препараты обнаруживали аналогичныя потери.

Одинъ препаратъ полонійсодержащаго металлическаго висмута былъ приготовленъ съ помощію основной азотнокислой соли. Послѣ приготовленія онъ обнаружилъ радіоактивность, превосходившую активность урана въ 100,000 разъ. Въ настоящее время онъ представляетъ собой тѣло средней радіоактивности (въ 2,000 разъ больше активности урана). Его радіоактивность измѣряется отъ времени до времени. Въ 6 мѣсяцевъ онъ потерялъ 67% своей радіоактивности.

Химическія реакціи не способствуютъ, повидимому, потерѣ радіоактивности, насколько это извѣстно изъ опыта.

[1]) Villard, Société de Physique, іюль 1900 г.
[2]) Mac Lennan, Phil. Mag., февраль 1902 г.

Радійсодержащія соли представляютъ противоположность полонію своей постоянной радіоактивностью, не уменьшающейся даже въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ.

Радіевая соль, вскорѣ послѣ приготовленія ея въ твердомъ видѣ, не обнаруживаетъ постоянной активности. Радіоактивность ея возрастаетъ послѣ приготовленія и достигаетъ черезъ мѣсяцъ постояннаго предѣла. Сейчасъ же послѣ приготовленія, растворъ обнаруживаетъ сильную радіоактивность, которая быстро падаетъ при свободномъ доступѣ воздуха, пока достигаетъ предѣльной активности; послѣдняя значительно меньше начальной активности. Эти измѣненія активности впервые наблюдались Гизелемъ [1]); они легко объясняются съ помощію эманаціи. Уменьшеніе активности раствора соотвѣтствуетъ потерѣ, вслѣдствіе эманаціи; въ запаянной трубкѣ наблюдается гораздо меньшая потеря радіоактивности. Растворъ, теряющій активность при свободномъ доступѣ воздуха, принимаетъ бо́льшую активность, при помѣщеніи его въ запаянную трубку. Періодъ возрастанія активности соли, которая переведена послѣ растворенія въ твердое состояніе, равенъ періоду накопленія эманаціи въ твердомъ радіѣ. Это видно изъ слѣдующихъ опытовъ.

Растворъ радійсодержащаго хлористаго барія становится, при свободномъ доступѣ воздуха, въ два дня въ 300 разъ менѣе активнымъ. Растворъ заключается въ закрытый сосудъ. Послѣ того, какъ послѣдній открывается, растворъ вливается въ чашу и измѣряется его радіоактивность:

Непосредственно измѣренная радіоактивность	. .	67
Спустя два часа » »	. .	20
Спустя два дня » »	. .	0,25

Находившійся при свободномъ доступѣ воздуха, растворъ радійсодержащаго хлористаго барія заключается въ запаянную стеклянную трубку. Измѣреніе радіоактивности послѣдней даетъ слѣдующіе результаты:

Непосредственно измѣренная радіоактивность.	. . .	27
Спустя два дня » »	. . .	61
» три дня » »	. . .	70
» четыре дня » »	. . .	81
» семь дней » »	. . .	100
» одиннадцать дней измѣренная радіоактивность.		100

[1]) Giesel, Wied. Ann., t. LXIX, p. 91.

Начальная активность твердой соли послѣ приготовленія тѣмъ меньше, чѣмъ продолжительнѣе она находилась въ растворѣ, Наибольшая степень активности передается въ этомъ случаѣ растворителю. Слѣдующія начальныя активности были получены для хлористаго соединенія, которое находилось въ растворѣ опредѣленное время, съ предѣльной активностью 800. Соль затѣмъ сушилась и ея радіоактивность измѣрялась непосредственно:

Предѣльная активность	800
Начальная активность послѣ растворенія и непосредственнаго осушенія	440
Начальная активность соли пробывшей въ растворѣ пять дней.	120
Начальная активность соли пробывшей въ растворѣ восемьнадцать дней	130
Начальная активность соли пробывшей въ растворѣ 32 дня.	114

Въ этомъ опытѣ растворенная соль находилась въ сосудѣ, покрытомъ часовымъ стекломъ.

Я приготовила два раствора той же соли и сохраняла ихъ въ запаянной трубкѣ въ продолженіе 13 мѣсяцевъ; одинъ изъ нихъ обладалъ въ 8 разъ бо́льшей концентраціей, чѣмъ другой.

Начальная активность концентрированнаго раствора соли послѣ высушиванія	200
Начальная активность разбавленнаго раствора послѣ высушиванія	100

Потеря радіоактивности солью тѣмъ больше, чѣмъ больше количество растворителя, такъ какъ при большомъ количествѣ жидкости требуется много радіоактивной энергіи для насыщенія жидкости и для наполненія большаго пространства. Два препарата одной и той же соли, обладавшіе различной начальной активностью, обнаружили вначалѣ различное увеличеніе активности. Но черезъ день ихъ активность была одинакова и возрастаніе ея до предѣла происходило совершенно одинаково для обѣихъ жидкостей.

Въ разбавленной жидкости радіоактивность соли уменьшается очень быстро. Это доказывается слѣдующими опытами. Три равныя количества одной и той же радійсодержащей соли растворяются въ равныхъ количествахъ воды. Первый растворъ a оставляется на воздухѣ въ теченіе часа и затѣмъ сушится. Во второй растворъ b пропускается въ продолженіе часа токъ воздуха и затѣмъ сушится. Третій растворъ c оставляется на воздухѣ въ теченіе 13 дней и затѣмъ сушится. Начальныя активности трехъ солей слѣдующія:

Части a	145,2
» b	141,6
» c	102,6

Предѣльная активность соли 470. Очевидно, что большая часть активности была потеряна въ одинъ часъ, а воздушный токъ, проходившій черезъ растворъ b, обнаружилъ едва замѣтное дѣйствіе. Количество соли въ растворѣ равнялось 0,5%.

Радіоактивная энергія въ формѣ эманаціи съ трудомъ распространяется въ воздухѣ отъ твердаго радія; она встрѣчаетъ также сопротивленіе при распространеніи отъ твердаго радія въ жидкость. Если взбалтывать радійсодержащую сѣрнокислую соль съ водой въ теченіе цѣлаго дня, ея радіоактивность не отличается послѣ этого отъ той же соли, находившейся на воздухѣ.

Выкачивая воздухъ надъ радійсодержащей солью, мы извлекаемъ всю эманацію. Что касается радіоактивности радійсодержащей хлористой соли, надъ которой воздухъ выкачивался въ продолженіе шести дней, то она отъ этого почти не измѣнилась. Данный опытъ показываетъ, что радіоактивность соли обусловливается главнымъ образомъ утилизируемой внутри радіоактивной энергіей, эта энергія не увлекается выкачиваніемъ воздуха. Потеря радіемъ активности при переходѣ изъ раствора больше для проникающихъ лучей, чѣмъ для поглощаемыхъ, что видно изъ слѣдующихъ примѣровъ.

Радійсодержащая хлористая соль растворяется по достиженіи предѣльной активности 470 и остается въ растворѣ въ теченіе часа. Послѣ просушиванія, его начальная радіоактивность измѣряется помощью электрическаго метода. При этомъ находятъ, что все начальное лучеиспусканіе равно 0,3 всего предѣльнаго лучеиспусканія. Если измѣрить интенсивность лучеиспусканія, покрывая активное вещество алюминіевымъ экраномъ толщиною въ 0,01 миллиметра, то можно найти, что начальное лучеиспусканіе, проходящее черезъ экранъ, равняется 0,17 предѣльнаго лучеиспусканія, проходящаго черезъ тотъ же экранъ.

Если соль оставалась въ растворѣ въ теченіе 13 дней, то начальное предѣльное лучеиспусканіе составляетъ 0,22 всего предѣльнаго лучеиспусканія, а лучеиспусканіе, проникающее алюминіевый экранъ толщиною въ 0,01 миллиметра,—0,13 предѣльнаго лучеиспусканія.

Въ обоихъ случаяхъ отношеніе начальнаго лучеиспусканія послѣ растворенія къ предѣльному лучеиспусканію въ 1,7 раза

больше для всего лучеиспусканія, чѣмъ для лучей, проходящихъ алюминіевый экранъ, толщиною въ 0,01 миллиметра.

Необходимо замѣтить, что при высушиваніи вещества послѣ растворенія необходимо наступаетъ такое время, когда вещество находится ни въ совершенно твердомъ состояніи, ни въ совершенно жидкомъ. Нельзя избѣгнуть также нагрѣванія вещества, которымъ вода быстро удаляется.

Эти двѣ причины составляютъ препятствіе къ опредѣленію дѣйствительной начальной активности вещества, переходящаго изъ раствора въ твердое состояніе. Въ приведенныхъ нами примѣрахъ равныя количества веществъ растворены были въ равныхъ количествахъ воды и растворы выпаривались до суха въ возможно одинаковыхъ условіяхъ и при температурѣ, не превышавшей 120—130°.

Я изучила законъ возрастанія активности твердой радій — содержащей соли отъ момента просушки (послѣ растворенія) до момента достиженія предѣльной активности.

Въ слѣдующихъ таблицахъ указана интенсивность лучеиспусканія I въ извѣстное время при предѣльной интенсивности въ 100. Время считалось начиная съ момента просушки вещества. Таблица I (рис. 13, кривая I) даетъ числа относительно всего лучеиспусканія. Таблица II (рис. 13, кривая II) относится только къ проникающимъ лучамъ (лучамъ, которые проникли 3 сантиметра воздуха и 0,01 миллиметра алюминія).

Таблица I.

Время	I (интенс.)
0	21
1 день	25
3 дня	44
5 дней	60
10 »	78
19 »	93
33 дня	100
67 »	100

Таблица II.

Время	I (интенс.)
0	1,3
1 день	19
3 дня	43
6 дней	60
15 »	70
23 »	86
46 дня	94

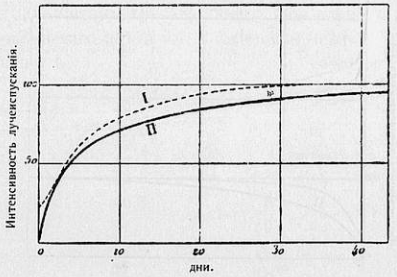
Я произвела еще цѣлый рядъ подобныхъ измѣреній, но они не совсѣмъ согласовались одни съ другими, несмотря на то, что общій характеръ полученныхъ кривыхъ остался все тотъ-же.

Несмотря на трудность полученія правильныхъ результатовъ, можно замѣтить, что возвращеніе къ прежней радіоактивности требуетъ періода въ одинъ мѣсяцъ и что наиболѣе проникающіе лучи это тѣ, на которые больше всего дѣйствовалъ растворъ.

Начальная интенсивность лучеиспусканія, обладающаго способностью проникать 3 сантиметра воздуха и 0,01 миллиметра, равняется 1% предѣльной интенсивности, а начальная интенсивность всего лучеиспусканія составляетъ 21% всего предѣльнаго лучеиспусканія.

Находившаяся въ растворѣ и затѣмъ просушенная радійсодержащая соль обладаетъ способностью индуктировать активность и, слѣдовательно, испускать эманацію. Эта способность та же, что и препарата этой соли, которая, послѣ приготовленія въ твердомъ видѣ, оставалась въ этомъ состояніи до достиженія предѣльной радіоактивности. Тѣмъ не менѣе радіоактивность этихъ двухъ препаратовъ различна: первый въ пять разъ менѣе активенъ, чѣмъ второй.

Рис. 13.



Измѣненія активности радіевыхъ солей при нагрѣваніи.—Нагрѣвая какое-нибудь радійсодержащее соединеніе, мы обнаруживаемъ выдѣленіе эманаціи и потерю активности.

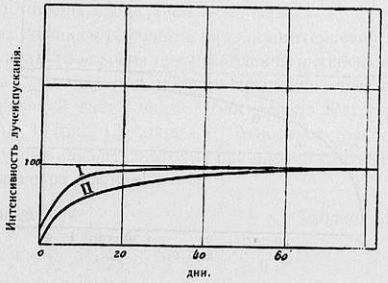
Потеря тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе и вмѣстѣ съ тѣмъ продолжительнѣе нагрѣваніе. При нагрѣваніи радійсодержащей соли въ продолженіе часа на 130° она теряетъ 10% всего лучеиспусканія, тогда какъ нагрѣваніемъ въ теченіе 10 минутъ при температурѣ въ 400 достигается едва замѣтное пониженіе активности. Накаливаніемъ до красна въ теченіе нѣсколькихъ часовъ теряется 77 процентовъ всего лучеиспусканія.

Потеря радіоактивности при нагрѣваніи больше для проникающихъ лучей, чѣмъ для поглощаемыхъ. Такъ, нагрѣваніемъ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ достигается потеря 77% всего лучеиспусканія, но то же нагрѣваніе ведетъ почти къ полной потерѣ

(99%) лучей, обладающихъ способностью проникать 3 сантиметра воздуха и 0,1 миллиметра алюминія. Если держать радійсодержащую хлористую баріевую соль при температурѣ плавленія (800°) въ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, то отъ этого пропадаетъ 98% лучей, обладающихъ способностью проникать 0,3 миллиметра аллюминія. Можно сказать что проникающіе лучи почти перестаютъ существовать послѣ сильнаго и долгаго нагрѣванія.

Если радіевая соль теряетъ отъ нагрѣванія часть своей активности, то эта потеря не безвозвратна. При обыкновенной температурѣ активность сама по себѣ появляется въ соли и приближается до извѣстнаго предѣла. Я сдѣлала интересное наблюденіе, что этотъ предѣлъ больше предѣльной активности соли до нагрѣванія, по крайней мѣрѣ для хлористаго соединенія. Это видно изъ слѣдующихъ примѣровъ.

Рис. 14.



Препаратъ радійсодержащаго хлористаго барія въ твердомъ состояніи обладаетъ предѣльнымъ лучеиспусканіемъ въ 470 и лучеиспусканіемъ способнымъ проникать 0,01 миллим. алюминія въ 137. Этотъ препаратъ подвергался нагрѣванію до красна въ теченіе нѣскольскихъ часовъ. Два мѣсяца спустя его предѣльная активность равнялась 690, а лучеиспусканіе, проникавшее 0,01 миллиметра алюминія 227. Все лучеиспусканіе и лучеиспусканіе проникающее черезъ алюминій очевидно увеличились въ отношеніи $\frac{690}{470}$ и $\frac{227}{156}$. Эти два отношенія равны между собою и равны 1,45.

Препаратъ радійсодержащаго хлористаго барія, который достигъ послѣ приготовленія въ твердомъ видѣ предѣльной активности 62, держится при температурѣ плавленія въ теченіи нѣскольких часовъ. Расплавленное вещество превращается въ порошокъ. Это вещество достигаетъ предѣльной активности 140 т. е. радіоактивности, которая вдвое больше предѣльной активности этого вещества, приготовленнаго въ твердомъ видѣ и мало нагрѣтаго при высушиваніи.

Слѣдующіе результаты двухъ серій измѣреній могутъ дать представленіе о законѣ возрастанія активности радійсодержащихъ соединеній послѣ нагрѣванія. Числа таблицъ I и II указываютъ интенсивность лучеиспусканія I въ опредѣленное время при предѣльной интенсивности въ 100. Время считалось съ момента прекращенія нагрѣванія. Таблица 1 (рис. 14 кривая 1) относится ко всему лучеиспусканію препарата радійсодержащаго хлористаго барія. Таблица II (рис. 14; кривая II) даетъ числа для проникающихъ лучей препарата радійсодержащаго сѣрнокислаго барія (измѣренія производились надъ лучами, проникавшими 3 сантиметра воздуха и 0,01 миллиметра алюминія. Оба препата нагрѣвались до красно-вишневаго цвѣта въ теченіе семи часовъ.

Таблица I.

Время	I (интенс.)
0	16,2
0,6 дня	25,4
1 день	27,4
2 дня	38
3 »	46,3
4 »	54
6 дней	67,5
10 »	84
24 дня	95
57 дней	100

Таблица II.

Время	I (интенс.)
0	0,8
0,7 дня	13
1 день	18
1,9 дня	26,4
6 »	46,2
10 »	55,5
14 »	64
18 »	71,8
27 »	81
36 »	91
50 »	95,5
57 »	99
84 дня	100

Я произвела еще цѣлый рядъ измѣреній, результаты которыхъ не согласуются однако одинъ съ другимъ, подобно тому, что мы видѣли на возвращеніи къ активности послѣ растворенія.

Вліяніе нагрѣванія прекращается при растворенiи нагрѣтаго радійсодержащаго вещества. Изъ двухъ препаратовъ одного и того же соединенія, активности 1800, одинъ сильно нагрѣвался и его активность понизилась до 670. Оба препарата были растворены тогда и оставлены въ растворѣ въ продолженіи 20 часовъ. При переходѣ въ твердое состояніе, начальная активность не нагрѣтаго

препарата равнялась 460, а нагрѣтаго 420. Разница въ активности обоихъ препаратовъ была очевидно, небольшая. Но если оба препарата не достаточно долго оставались въ растворѣ, если они были высушены, напримѣръ, непосредственно послѣ растворѣнія, то ненагрѣтое вещество обнаруживаетъ гораздо большую активность, чѣмъ нагрѣтое. Необходимо нѣкоторое время, чтобы растворъ уничтожилъ вліяніе нагрѣванія. Одинъ препаратъ съ радіоактивностью 3200 обнаружилъ послѣ нагрѣванія активность 1030. Этотъ препаратъ былъ растворенъ въ одно время съ другой нагрѣтой частью того же вещества и оба препарата немедленно высушивались. Начальная активность ненагрѣтаго препарата была 1450,а нагрѣтаго 760.

Что касается твердыхъ радійсодержащихъ солей, то нагрѣваніе оказываетъ вліяніе на ихъ способность сообщать радіоактивность. Во время нагрѣванія радійсодержащихъ соединеній, послѣднія выдѣляютъ больше эманаціи, чѣмъ при обыкновенной темературѣ. Но послѣ замѣны высокой температуры обыкновенной, не только ихъ радіоактивность меньше той, которой они обладали до нагрѣванія, но ихъ способность сообщать радіоактивность также значительно уменьшилась. Вскорѣ послѣ нагрѣванія, радіоактивность возрастаетъ и доходитъ даже за предѣлы начальной активности. Способность сообщенія активности отчасти возвращается, если только вещество не нагрѣвалось долго до красна. Въ послѣднемъ случаѣ способность сообщенія радіоактивности безслѣдно исчезаетъ. Можно возвратить радій содержащей соли ея первоначальную способность сообщенія активности, если растворить ее въ водѣ и сушить въ сушильной печи при температурѣ въ 120^0. Изъ этихъ фактовъ видно, что при нагрѣваніи соль переходитъ въ особое физическое состояніе, въ которомъ эманація выдѣляется съ бо́льшимъ трудомъ, чѣмъ изъ того же соединенія въ твердомъ видѣ, которое не нагрѣвалось до высокой температуры и само собой разумѣется, что соль достигаетъ бо́льшей предѣльной активности, чѣмъ до нагрѣванія. Чтобы привести соль въ ея первоначальное физическое состояніе, необходимо ее растворить и высушить, не нагрѣвая выше 150^0.

Въ слѣдующихъ примѣрахъ a обозначаетъ предѣльную радіоактивность, сообщенную въ закрытомъ сосудѣ мѣдной пластинкѣ препаратомъ радійсодержащаго углекислаго барія съ радіоактивностью 1600.

Выразимъ активность ненагрѣтаго вещества числомъ 100.

$$a = 100$$

Черезъ	1 день	послѣ нагрѣванія	$a =$	3,3
»	4 дня	» »	$a =$	7,1
»	10 дней	» »	$a =$	15
»	20 »	» »	$a =$	15
»	37 »	» »	$a =$	15

Радіоактивность вещества уменьшилась отъ нагрѣванія на $90^0/_0$, но приняла первоначальную активность мѣсяцъ спустя.

Подобный опытъ производился надъ радійсодержащимъ хлористымъ баріемъ съ активностью 3000. Способность сообщенія активности опредѣляется такимъ-же путемъ, какъ въ предыдущемъ опытѣ.

Способность сообщенія активности ненагрѣтаго вещества:

$$a = 100.$$

Способность сообщенія активности вещества послѣ нагрѣванія до-красна въ теченіе трехъ часовъ:

Черезъ	два дня	послѣ нагрѣванія		2,3
»	5 дней	» »		7,0
»	11 »	» »		8,2
»	18 »	» »		8,2

Способность сообщенія активности ненагрѣтаго вещества, которое было растворено и высушено при температурѣ въ 150^0 92

Способность сообщенія активности нагрѣтаго вещества, которое было растворено и высушено при температурѣ въ 150^0 105

Теоретическое толкованіе причинъ измѣненій активности радійсодержащихъ солей послѣ растворенія и послѣ нагрѣванія. — Только что изложенные факты могутъ отчасти быть объяснены теоріей, согласно которой радій выдѣляетъ эманацію, превращающуюся въ лучеиспусканіе. При растворе́ніи радіевой соли эманація вызываетъ радіоактивность внѣ источника, отъ котораго она происходитъ. Если выпаривать соль, то полученная твердая соль обнаруживаетъ слабую активность вслѣдствіе малаго содержанія эманаціи. Мало-по-малу эманація накопляется въ соли, активность которой возрастаетъ до извѣстнаго предѣла; послѣдній достигается тогда, когда образованіе эманаціи радіемъ возмѣщаетъ потери отъ выдѣленія эманаціи и превращенія на мѣстѣ въ Беккерелевы лучи.

При нагрѣваніи радіевой соли выдѣленіе эманаціи наружу значительно возрастаетъ и сообщеніе радіоактивности гораздо

сильнѣе чѣмъ при обыкновенной температурѣ. Но при возвращеніи соли къ обыкновенной температурѣ она содержитъ очень мало эманаціи (какъ въ случаѣ растворенія) и обнаруживаетъ весьма слабую активность. Мало-по-малу эманація снова накопляется въ твердой соли и лучеиспусканіе возрастаетъ.

Можно допустить, что радій служитъ причиною постояннаго выдѣленія эманаціи, часть которой удаляется наружу, тогда какъ другая часть превращается въ самомъ радіѣ въ Беккерелевы лучи. При нагрѣваніи до красна радій теряетъ большую часть способности сообщенія активности. Другими словами, выдѣленіе эманаціи наружу значительно уменьшается и, слѣдовательно, количество утилизируемаго въ самомъ радіѣ эманаціи увеличивается и вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается предѣльная радіоактивность.

Попытаемся установить теоретическій законъ возрастанія активности радійсодержащей твердой соли, которая была растворена или нагрѣта. Предположимъ, что интенсивность лучеиспусканія радія пропорціональна въ каждый моментъ находящемуся въ радіѣ количеству эманаціи q. Мы знаемъ, что эманаціи теряется сама по себѣ согласно закону

(1) $$q = q_0 e^{-\frac{t}{\theta}},$$

q_0 — количество истеченія вначалѣ; θ — постоянная величина времени $= 4.97 \times 10^5$ секундъ.

Выразимъ буквой Δ постоянное количество, выдѣляемое радіемъ, эманаціи. Еслибы эманація не выдѣлялась наружу, то она всецѣло утилизировалась бы для лучеиспусканія. Мы знаемъ согласно формулѣ (1).

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{q_0}{\theta} e^{-\frac{t}{\theta}} = -\frac{q}{\theta}$$

и, слѣдовательно, въ состояніи равновѣсія радій содержалъ бы извѣстное количество эманаціи Q, такъ что

(2) $$\Delta = \frac{Q}{\theta},$$

и лучеиспусканіе радія было бы пропорціонально Q.

Положимъ, что радій находится въ такихъ условіяхъ, что онъ выдѣляетъ эманацію наружу, напримѣръ при раствореніи радійсодержащаго соединенія или при нагрѣваніи. Равновѣсіе нарушается и активность радія уменьшается. Но съ прекращеніемъ причины (съ возвращеніемъ тѣла въ твердое состояніе или съ прекращеніемъ нагрѣванія) эманація снова накопляется въ радіѣ и наступаетъ такой періодъ, въ теченіе котораго Δ превосходитъ убыль $\frac{q}{\theta}$. Тогда

$$\frac{dq}{dt} = \Delta - \frac{q}{\theta} = \frac{Q-q}{\theta}$$

откуда

$$\frac{d}{dt}(Q-q) = -\frac{Q-q}{\theta},$$

(3) $$Q - q = (Q - q_0) e^{-\frac{t}{\theta}}$$

q_0 выражаетъ количество присутствующей въ радіѣ эманаціи во время $t = 0$.

Согласно формулѣ (3) избытокъ количества эманаціи Q, который радій содержитъ въ состояніи равновѣсія, надъ количествомъ q, которое онъ содержитъ въ данный моментъ, уменьшается съ теченіемъ времени согласно показательной функціи; послѣдняя собственно выражаетъ самопроизвольное исчезновеніе эманаціи. Такъ какъ лучеиспусканіе радія пропорціонально количеству эманаціи, то избытокъ интенсивности предѣльнаго лучеиспусканія надъ настоящей интенсивностью долженъ уменьшаться съ теченіемъ времени согласно той же функціи. Этотъ избытокъ уменьшается на половину приблизительно въ четыре дня.

Предшествующая теорія страдаетъ неполнотой, такъ какъ она не принимаетъ во вниманіе потери эманаціи путемъ выдѣленія ея наружу. Съ другой стороны трудно знать роль этой потери въ зависимости отъ времени. При сравненіи результатовъ, полученныхъ опытнымъ путемъ съ результатами этой теоріи можно вынести впечатлѣніе, что послѣдняя заключаетъ долю истины. Законъ уменьшенія наполовину избытка предѣльной активности надъ настоящей активностью въ четыре дня представляетъ приблизительный ходъ возвращенія къ активности послѣ нагрѣванія въ теченіе двѣнадцати дней. Этотъ же законъ подходитъ для случая возвращенія къ активности послѣ растворенія; онъ вѣренъ для извѣстнаго періода времени въ 10 — 15 дней начинающагося черезъ два — три дня послѣ высушиванія. Надо все-таки замѣтить, что явленія довольно сложны. Теорія, о которой идетъ рѣчь, не объясняетъ почему проникающіе лучи теряются въ большемъ количествѣ, чѣмъ поглощаемые лучи.

Природа и причина явленій радіоактивности.

Съ самаго начала изслѣдованій надъ радіоктивными тѣлами, когда свойства послѣднихъ были очень мало извѣстны, возникалъ интересный вопросъ о самопроизвольномъ лучеиспусканіи. Въ настоящее время мы значительно подвинулись впередъ въ изученіи радіоактивныхъ тѣлъ и выдѣлили энергичное радіоактивное тѣло—радій. Основательное изученіе радіоактивныхъ тѣлъ показало, что разныя группы лучей, испускаемыхъ радіоактивными тѣлами, представляютъ анологіи съ группами лучей, существующихъ въ Круксовыхъ трубкахъ (съ катодными лучами, Рентгеновыми и закатодными лучами), съ второстепенными лучами, вызываемыми Рентгеновыми лучами [1]) и лучеиспусканіемъ тѣлъ, которыя пріобрѣли сообщенную рвдіоактивность.

Но лучшее знаніе природы лучеиспусканія не объясняетъ еще причины самопроизвольной радіоактивности и послѣдняя продолжаетъ оставаться для насъ загадкой.

Самопроизвольно-радіоактивныя тѣла, среди которыхъ первое мѣсто занимаетъ радій, представляютъ собой источники энергіи. Послѣдняя проявляется въ видѣ Беккерелевыхъ лучей, а также химическими, свѣтовыми дѣйствіями и безпрестаннымъ выдѣленіемъ тепла.

Возникаетъ ли энергія въ радіоактивныхъ тѣлахъ сама по себѣ или эти тѣла заимствуютъ ее изъ другихъ источниковъ? Обѣ точки зрѣнія дали мѣсто многочисленнымъ гипотезамъ, но ни одна изъ нихъ не подтвердилась опытомъ.

Можно предположить, что радіоактивная энергія накопилась издавна и мало-по-малу истощается какъ это имѣетъ мѣсто для очень продолжительной фосфоресценціи. То обстоятельство, что радій безпрестанно выдѣляетъ теплоту, говоритъ въ пользу той гипотезы, согласно которой выдѣленіе радіоактивной энергіи соотвѣтствуетъ превращенію самой природы атома радіоактнвнаго тѣла. Можно предположить, что превращеніе сопровождается потерей вѣса и истеченіемъ матеріальныхъ частицъ составляющихъ лучеиспусканіе. Или, можетъ быть, источникъ энергіи слѣдуетъ искать въ энергіи тяготенія? Можно, наконецъ, представить себѣ, что пространство постоянно пересѣкается неизвѣстными лучами, которые задерживаются радіоактивными тѣлами и превращаются въ радіоактивную энергію.

[1]) Sagnac, Thése de doctorat.—Curie et Sagnac, Comptes rendus, апрѣль 1900 г.

Мы говорили, что всѣ эти гипотезы не подтвердились опытнымъ путемъ и опытъ давалъ чаще всего отрицательные результаты. Радіоактивная энергія урана и радія, повидимому, не истощается и мало измѣняется съ теченіемъ времени. Демарсэй изслѣдовалъ въ спектроскопъ препаратъ чистаго хлористаго радія и не замѣтилъ измѣненія спектра въ промежутокъ времени въ 5 мѣсяцевъ. Главная линія барія, указывавшая на присутствіе незначительнаго количества послѣдняго, не увеличилась за это время. Очевидно, что радій не превратился въ барій.

Измѣненія вѣса, описанныя Гейдвейллеромъ [1]) для радіевыхъ соединеній, нельзя еще считать установленнымъ фактомъ.

Ельстеръ и Гейтель нашли, что радіоактивность урана, помѣщеннаго въ шахту, глубиною въ 850 метровъ, не измѣнилась. Очевидно, что слой земли такой толщины не вліялъ-бы на предполагаемое первичное лучеиспусканіе, вызывающее радіоактивность урана.

Мы измѣряли радіоактивность урана въ полдень и полночь, думая, что если предполагаемое первичное лучеиспусканіе имѣетъ своимъ источникомъ солнце, то оно должно частью поглотиться землей. Опытъ не обнаружилъ никакой разницы между этими двумя измѣреніями.

Изслѣдованія послѣдняго времени говорятъ въ пользу гипотезы атомнаго превращенія радія, о которой мы говорили въ самомъ началѣ нашихъ изслѣдованій надъ радіоактивностью [2]).

Эта гипотеза была принята Рутерфордомъ, предположившимъ, что эманація радія представляетъ собой матеріальный газъ, являющійся одимъ изъ продуктовъ распаденія атома радія [3]). Послѣдніе опыты Рамзая и Содди доказываютъ, что эманація представляетъ собой нестойкій газъ, разрушеніе котораго вызываетъ образованіе гелія. Что касается постояннаго выдѣленія тепла радіемъ, то оно не объясняется обыкновенной химической реакціей, а имѣетъ своимъ началомъ, можетъ быть, превращеніе атома.

Скажемъ также, что новыя радіоактивныя вещества всегда находятся въ урановыхъ минералахъ, а имѣющійся въ продажѣ барій не содержитъ радія. Присутствіе радія связано, повидимому,

[1]) Heydweiller, Physik. Zeitschrift., октябрь 1902 г.

[2]) M-me Curie. Revue générale des Sciences, 30 января 1899 г.

[3]) Rutherford Stoddy. Phil. Mag., май то оно объясняется обыкновенной химической реакцій, 1993 г.

съ содержаніемъ урана. Урановые минералы содержатъ кромѣ того аргонъ и гелій и это совпаденіе, вѣроятно, также не случайное. Совмѣстное присутствіе этихъ различныхъ тѣлъ въ однихъ и тѣхъ же минералахъ заставляетъ думать, что присутствіе однихъ необходимо, можетъ быть, для образованія другихъ.

Необходимо все-таки замѣтить, что тѣ факты, которые говорятъ въ пользу атомнаго превращенія радія, могутъ быть истолкованы различно. Вмѣсто превращенія атома можно допустить, что послѣдній самъ по себѣ стоекъ, но онъ дѣйствуетъ на окружающую среду (на сосѣдніе матеріальные атомы или на эфиръ безвоздушнаго пространства) такимъ образомъ, что даетъ мѣсто атомнымъ превращеніямъ. Эта гипотеза говоритъ также въ пользу возможности превращенія элементовъ и съ этой точки зрѣнія самъ радій былъ-бы только элементомъ, находящимся на пути къ разрушенію.

Филиппо Ре предложилъ другую гипотезу (Comptes rendus le 8 Juin 1903). Онъ сравниваетъ атомы съ планетами, а атомныя группы съ планетными системами: какъ планеты, такъ и атомы повинуются законамъ всемірнаго тяготѣнія. Ре полагаетъ, что на группировку атомовъ было потрачено такое множество энергіи, что трата ея совершенно незамѣтна. Атомы инертныхъ элементовъ серебра, мѣди, кислорода и друг. можно сравнить съ потухшими солнцами, тогда какъ атомы радія, торія и урана похожи на солнца въ разгарѣ дѣятельности. Эти солнца постепенно сгущаются и сгущеніе сопровождается выдѣленіемъ радіоактивной энергіи.

Прим. перев.

Содержаніе.

Стр.

Введеніе 1
Историческій очеркъ. 2

I. Радіоактивность урана и торія.
Радіоактивные минералы.

Лучи Беккереля. 5
Измѣреніе интенсивности лучеиспусканія. 6
Радіоактивность урановыхъ и торіевыхъ соединеній 11
Представляетъ-ли собой атомная радіоактивность общее явленіе? . . 13
Радіоактивные минералы 15

II. Новыя радіоактивныя вещества.

Методъ изслѣдованія 17
Полоній, радій, актиній. 17
Спектръ радія 19
Добываніе новыхъ радіоактивныхъ веществъ 21
Полоній. 23
Приготовленіе чистаго хлористаго радія 26
Опредѣленіе атомнаго вѣса радія. 30
Свойства радіевыхъ солей 33
Дробленіе обыкновеннаго хлористаго барія 34

III. Лучеиспусканіе новыхъ радіоактивныхъ веществъ.

Способы изученія лучеиспусканія 35
Энергія лучеиспусканія. 36
Сложная природа лучеиспусканія 36
Дѣйствіе магнитнаго поля 38
Отклоняющіеся лучи β. 41
Зарядъ отклоняющихся лучей β 41
Дѣйствіе электрическаго поля на отклоняющіеся радіевые лучи β . . 45
Отношеніе между зарядомъ и массою частички, испускаемой радіемъ и заряженной отрицательнымъ электричествомъ 46
Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи α 48
Дѣйствіе магнитнаго поля на лучи другихъ радіоактивныхъ веществъ . 49
Количество отклоняющихся лучей β въ радіевыхъ лучахъ 49

IV 14850

Стр.
Проникающая способность лучей, испускаемыхъ радіоактивными тѣлами 52
Іонизирующее дѣйствіе радіевыхъ лучей на изолирующія жидкости. . 65
Различныя дѣйствія и примѣненія іонизирующаго вліянія лучей, испускаемыхъ радіоактивными веществами 67
Флюоресцирующія и свѣтовыя дѣйствія 68
Выдѣленіе тепла радіевыми солями 71
Химическія дѣйствія новыхъ радіоактивныхъ веществъ. Окрашиванія . 73
Выдѣленіе газа въ присутствіи радіевыхъ солей 75
Вліяніе радія на термолюминисценцію 76
Радіографія 76
Физіологическія дѣйствія 78
Дѣйствіе температуры на лучеиспусканіе. 79

IV. Индуктированная активность.

Передача активности неактивнымъ веществамъ 81
Передача активности въ закрытомъ сосудѣ. 82
Роль газовъ при передачѣ активности. Эманація. 84
Потеря радіоактивности при свободномъ доступѣ воздуха твердыми тѣлами, которымъ была сообщена радіоактивность 85
Потеря радіоактивности въ закрытомъ сосудѣ. Скорость потери эманаціи 85
Природа эманаціи. 87
Измѣненіе активности жидкостей съ индуктированной активностью и радійсодержащихъ растворовъ 89
Теорія радіоактивности. 89
Другая форма индуктированной активности 91
Медленно измѣняющаяся индуктированная активность 92
Радіоактивность, сообщенная веществамъ при пребываніи ихъ въ растворѣ вмѣстѣ съ радіемъ 92
Разсѣяніе радіоактивной пыли и индуктированная активность лаборатоpіи 95
Передача активности при отсутствіи радіоактивныхъ веществъ . . . 96
Измѣненіе активности радіоактивныхъ тѣлъ. Радіоактивность растворовъ. 96
Измѣненія активности радіевыхъ солей отъ нагрѣванія 101
Теоретическое толкованіе причинъ измѣненій активности радійсодержащихъ солей послѣ растворенія и послѣ нагрѣванія 105
Природа и причина явленій радіоактивности 108

Изданія К. Л. Рикнера въ С.-Петербургѣ.

Невскій проспектъ, № 14.

Краткій курсъ физики для медиковъ, естественниковъ и техниковъ. Составилъ проф. **О. Д. Хвольсонъ.** Часть I. Введеніе. — Нѣкоторые измѣрительные приборы и способы измѣренія. — Ученіе о газахъ, жидкостяхъ и твердыхъ тѣлахъ. Съ 242 рис. Часть II. Ученіе о звукѣ (акустика). — Ученіе о лучистой энергіи. Съ 307 рис. Часть III. Ученіе о теплотѣ. Съ 166 рисунками. 1900. Цѣна каждой части 2 р. 50 к., въ изящномъ переплетѣ 3 р. Весь курсъ разсчитанъ на 4 части.

Начала математической теоріи электричества и магнетизма. Дж. Дж. Томсона. Переводъ со 2-го англ. изданія подъ ред. и съ добавл. проф. А. И. Садовскаго. Съ 133 рис. 1901. Цѣна 3 р. 50 к.

Лекціи по термодинамикѣ проф. теоретическ. физики **Макса Планка.** Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакц. И. И. Боргмана. Съ рисунками. 1900. Цѣна 2 р. 40 к.

О теоріи растворовъ. Чтеніе въ Обществѣ естественной исторіи и медицины 4 марта 1892 г., проф. **А. Горстмана.** Перев. съ нѣмецк. Н. С. Дрентельна. 1893. Цѣна 40 к.

Задачи химіи нашего времени. Проф. **В. Майера.** Переводъ съ нѣмецкаго. Н. С. Дрентельна. 1890. Цѣна 50 к.

Руководство къ приготовленію химическихъ неорганическихъ препаратовъ. К. Рюста. Перев. подъ редакц. **Л. Явейна.** Съ 15 рис. 1903. Цѣна 70 к.

Краткій учебникъ органической химіи. А. Беритсена. Переводъ съ 8 нѣмецк. изд. **Л. Явейнъ** и **А. Тилло.** 3 русск. изд. 1903. Цѣна 3 р., въ переплетѣ 3 р. 80 к.

Основанія теоретической химіи. Лотара Мейера. Переводъ съ 2 нѣмецк. изд. Н. С. Дрентельна. 1894. Цѣна 2 р.

Основанія термохиміи и ея значеніе для теоретической химіи. Г. Яна. Переводъ съ 2 нѣмецк. изданія Н. С. Дрентельна. 1893 Цѣна 2 р.

Краткій очеркъ основъ стереохиміи. Приватъ-доцента **А. Гинзберга.** Съ 33 фигурами. 1900. Цѣна 40 к.

Алкалоиды. Химико-физическіе очерки **К. Рябинина.** Подъ редакціей прив.-доц. **А. А. Волкова** и **М. М. Тихвинскаго.** 1898. Цѣна 60 к.

Физическая кристаллографія и введеніе къ изученію кристаллографическихъ свойствъ важнѣйшихъ соединеній. Соч. проф. **П. Гротъ.** Перев. съ 3 перераб. нѣмецк. изд. подъ ред. проф. **Ф. Левинсона-Лессинга.** Съ 707 рис. и 2 хромолитографированными таблицами. 1897. Цѣна 10 р.

Курсъ кристаллографіи, проф. **Е. С. Федорова.** 3-е заново переработанное изд. съ 334 фиг., 3 табл., 3 стереографич. сѣтками. 1901. Цѣна 2 р. 50 к.

Изданія К. Л. Рикнера въ С.-Петербургѣ.

Невскій проспектъ, № 14.

Химическая минералогія, проф. **Р. Браунса.** Переводъ съ нѣм. съ исправленіями и дополненіями автора подъ редакц. проф. Ф. Ю. Левинсона-Лессинга. Съ 33 фиг. 1904. Ц. 4 руб.

Практическая минералогія. Курсъ уральскаго горнаго училища, **М. Соловьева.** Съ 112 рисунками. 1903. Цѣна 1 р.

Синоптическія повторительныя таблицы по кристаллографіи. Общій сравнительный обзоръ геометрическихъ и физическихъ свойствъ кристалловъ. Сост. **А. П. Нечаевъ,** подъ ред. проф. **Ф. Ю. Левинсона-Лессинга.** Съ 79 рисунк. 1897. Цѣна 1 р.

Таблицы для опредѣленія минераловъ помощью простыхъ испытаній сухимъ и мокрымъ путемъ. **Фр. фонъ Кобелля.** Перевелъ съ 14 вновь обработаннаго **К. Эббеке** нѣмецкаго изданія **А. Лешъ.** Русское изд. 3-е. 1903. Цѣна 1 р., въ переплетѣ 1 р. 30 к.

Таблицы для опредѣленія минераловъ. Составилъ **М. Соловьевъ.** Съ 7 рисунками. 1902. Цѣна 80 к.

Описаніе различныхъ методовъ опредѣленія теплотъ горѣнія органич. соединеній, В. Ф. Лугинина. Съ 24 рис. и 5 табл. 1894. Цѣна 3 р. 50 к.

Электротехника. Соч. **Л. Свенторжецкаго,** преподават. Николаевской Инженерной Академіи. Основные законы.—Техническія измѣренія.—Акумуляторы, динамо-машины и электродвигатели постояннаго тока, 2-е знач. дополн. и перераб. изданіе. Текстъ съ отдѣльн. атласомъ чертежей въ 65 табл. 1901, ц. 7 р., въ изящномъ переплетѣ ц. 9 р

Авторъ задался цѣлью составить руководство не только для учащащихся, но и вообще для всякаго инженера, интересующагося вопросами электротехники и надо отдать справедливость, — исполнилъ свою задачу блестяще; въ его руководство можно добавить поясннтельныхъ подробностей не нужныхъ для вполнѣ внимательнаго читателя, но — убавить ничего нельзя.

Московскія Вѣдомости. 1902 г. № 135.

Электротехника перемѣннаго, однофазнаго и трехфазнаго тока. Сочин. **Л. Свенторжецкаго.** Основные законы, техническія измѣренія, динамо-машины, трансформаторы и электродвигатели Съ 194 фиг. въ текстѣ и 3 таблицами чертежей. 1902. Ц. 3 р. 60 к. въ перепл. 4 р. 10 к.

Практическое руководство къ примѣненію электричества въ промышленности. Е. Кадіа и Л. Дюбостъ. Перев. съ 6 франц. издан. инж.-мех. Д. Голова. 4 русское изд. 1903 г. Ц. 5 руб.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 13 Марта 1904 г.
«Новая Типо-Литографія», Волынскій пер., 4.